С. И. ВАВИЛОВ

ИСААК НЬЮТОН

1643 / 1727



ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

S. I. VAVILOV

Member of the Academy of Sciences of the USSR

ISAAC NEWTON

Second edition revised

PUBLISHED BY
THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
MOSCOW–LENINGRAD
1945



АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

Академик
С. И. ВАВИЛОВ

ИСААК НЬЮТОН

Второе издание, просмотренное и дополненное



ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА—ЛЕНИНГРАД
1945



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

БИОГРАФИИ

Под общей редакцией Комиссии АН СССР по изданию
научно-популярной литературы
Председатель Комиссии Президент АН СССР
академик *С. И. ВАВИЛОВ*
Зам. Председателя член-корр. АН СССР *П. Ф. ЮДИН*

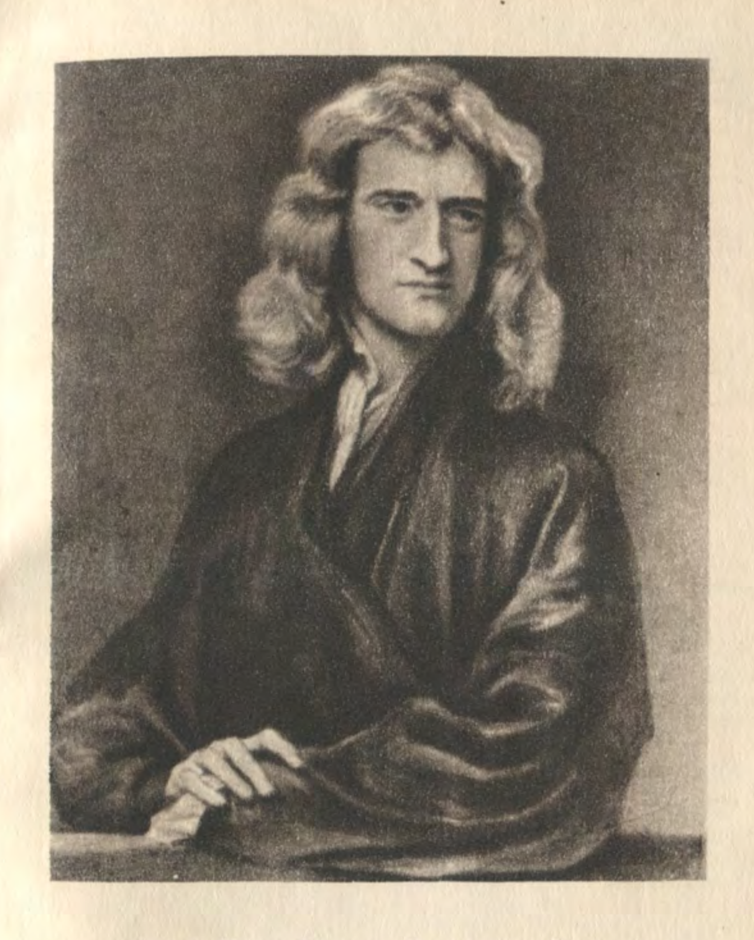


Рис. 1. Исаак Ньютон. С портрета Кнеллера (собрание герцога Портсмутского).



ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Первое издание этой книги было опубликовано в самом начале 1943 г. по случаю трехсотлетия со дня рождения Исаака Ньютона. Книга составлялась в грозные дни сталинградской битвы, решавшей исход войны.

Невиданная война заставила ограничить ньютоновские торжества в Англии, США и других странах, как можно судить теперь по дошедшим до нас иностранным журналам. Не появилось ни одной книги, посвященной Ньютону, юбилей был отмечен лишь немногими собраниями и небольшими журнальными и газетными статьями.

С удовлетворением можно отметить, что на нашей родине, несмотря на напряжение исторических сталинградских дней, решавших ее судьбы, юбилей Ньютона праздновался широко и с большим единодушием. Помимо многочисленных торжественных заседаний в научных институтах, университетах и других учреждениях по всей стране, в юбилейные дни в СССР было издано пять книг, посвященных Ньютону, и среди них большой том статей, всесторонне анализирующих научное наследство Ньютона. Велика также журнальная и газетная юбилейная литература этих дней.

Второе издание биографии Ньютона подготовляется в дни, когда война несомненно близка к ее победному концу. Народы Европы, освобожденные Красной Армией и войсками союзников от тупого и свирепого гнета «расы господ», вновь приобщаются к живой культуре и свободе. В такое время рассказ о жизни и работе «украшения рода человеческого» может многих ободрить и вдохновить.

Книга мною пересмотрена, в ней исправлены некоторые неточности и ошибки, внесены дополнения, главным образом на основе новой литературы, существенно изменены иллюстрации. Я был очень рад, получив возможность воспроизвести в

этой книге черновик письма И. Ньютона к А. Д. Меньшикову, переданного Лондонским Королевским Обществом в дар нашей Академии Наук. Приношу благодарность академикам А. Н. Крылову и А. А. Лебедеву за ряд указаний на некоторые неточности в первом издании. Очень важны были для меня замечания покойного академика Л. И. Мандельштама. Смерть унесла от нас в его лице не только одного из наиболее замечательных современных физиков, но и тончайшего знатока истории науки.

С. ВАВИЛОВ

г. Йошкар-Ола
Декабрь 1944 г.





ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

4 января 1943 г. исполняется триста лет со дня рождения Исаака Ньютона, одного из величайших гениев точного естествознания.

Эта замечательная годовщина совпала с мрачным периодом истории человечества, когда некоторые одичавшие государства с фашистской Германией во главе и под ее давлением пытаются завладеть миром и поработить его.

Родина Ньютона испытала на себе бессмысленную злобу цивилизованных дикарей, и многие кварталы Лондона, Ковентри и других городов Англии лежат в развалинах, ее люди и корабли тонут на морских путях под ударами подводных разбойников.

Главный удар пришлось, однако, принять на себя нашей родине, и основной бой за право на жизнь, за мировую демократию и культуру ведут сейчас советские люди на громадном пространстве от Ледовитого океана до Черного моря.

В эти тяжелые, решающие дни, когда вопрос идет о жизни и смерти нашей родины, нельзя забывать и о знамени культуры, под которым и за которое наш народ ведет смертельный бой с современными атиллами и чингисханами.

Направляя сейчас основные усилия на помощь нашей героической Красной Армии, Академия Наук СССР не может пройти мимо знаменательной даты трехсотлетия со дня рождения одного из величайших творцов культуры — Исаака Ньютона. Академией Наук создана особая комиссия по ознаменованию юбилея Ньютона. Настоящее жизнеописание составлено по предложению комиссии.

Трудно сказать что-либо существенно новое вдали от родины Ньютона, не имея под руками подлинных документов и архивов о его жизни, после больших сочинений Брюстера, Био, Розенбергера и Мора.

Предлагаемое жизнеописание составлено главным образом по материалам, почерпнутым из книг, неполный перечень которых приведен в кратком библиографическом указателе в конце книги. Однако для многих читателей предлагаемый в настоящей книге материал в ряде случаев, вероятно, окажется новым и неожиданным. Возможно, что и специалисты найдут здесь некоторые новые выводы и факты.

В отличие от многих других биографий великого физика настоящее жизнеописание стремится насколько возможно сократить анекдотические легендарные подробности, в которых больше вымысла, чем правды. Изложение сосредоточено по преимуществу на научных работах Ньютона. Приводя возможно чаще подлинные слова и мысли Ньютона, я вместе с тем стремился подчеркнуть живую связь его учения с современной наукой. Популярность изложения и размеры книги неизбежно связаны с рядом недомолвок, особенно при передаче математических работ Ньютона.

Библиографический указатель содержит только немногое из ньютоновской литературы. Назначение его — дать ориентировочный материал всем желающим обстоятельно познакомиться с личностью и трудами Ньютона.

К сожалению, даже на родине Ньютона историческое изучение его литературного наследия движется крайне медленно. Достаточно сказать, что единственное, довольно полное собрание сочинений И. Ньютона издано больше 150 лет назад и с тех пор не повторялось. Ни разу полностью не издана замечательная переписка Ньютона. Трехсотлетие со дня рождения Ньютона, надо надеяться, послужит на его родине, наконец, поводом для первого критического издания творений того, «кто разумом превзошел род человеческий».

Нельзя забывать, что И. Ньютон — один из важнейших и наиболее действенных гениев той культуры, за которую сейчас сражается антифашистский мир.

Настоящая книга могла осуществиться только благодаря помощи М. И. Радовского, доставившего мне для работы необходимые книги из Ленинграда, Москвы и других мест. В наше сложное время это граничит с подвигом. Приношу ему искреннюю благодарность.

С. ВАВИЛОВ

г. Йошкар-Ола
Ноябрь 1942 г.





ГЛАВА ПЕРВАЯ

Детство и юность И. Ньютона

(1643–1661)

Ньютон[1] родился в год начала великой гражданской войны в Англии и пережил за свою долгую, восьмидесятипятилетнюю жизнь казнь Карла 1, правление Кромвеля, реставрацию Стюартов, вторую, так называемую «бескровную, славную революцию» 1688 г. и умер при упрочившемся конституционном режиме; он был современником Петра I и Людовика XIV. Но политические бури, повидимому, не глубоко отражались на жизни Ньютона. Он оставался, по крайней мере внешне, аполитичным «философом» в том широком смысле, в котором это слово применялось в старину.

Жизнь Ньютона протекала спокойно, мирно и однообразно, умер он неженатым, никуда не выезжал за пределы Англии, путешествия его ограничивались небольшими расстояниями от Грэнтэма до Кэмбриджа и Лондона (около 200 км). Ньютон отличался редким здоровьем, никогда не имел особенно близких друзей-ровесников; чисто «житейская» биография Ньютона почти ограничивается послужным списком, да десятком анекдотов-легенд. Все это только неизбежная оболочка настоящей деятельности Ньютона, поглощавшей его целиком, по крайней мере, в первой половине жизни; плодами ее явились «Оптика», «Математические начала натуральной философии» и метод флюксий.

Ньютон, несмотря на невиданную широту своих научных интересов, не был универсальным гением, как Леонардо да Винчи, или «полигистором»[2], как Лейбниц. Его

мысли и работа сосредоточивались на «натуральной философии» или физике, математика и астрономия в его руках были в конце концов методом и материалом для решения основных физических задач. Богословские и исторические занятия Ньютона можно рассматривать как неизбежную дань времени, общую многим его современникам, хотя сам Ньютон был склонен иногда считать богословские и религиозные экскурсы чуть ли не главным своим делом. Богословская продукция Ньютона, насколько мы можем судить, не многим отличалась от того, что делали другие, и была лишена отпечатка резкой индивидуальности, необычайно характерной для научных теорий Ньютона.

Мирное однообразие жизни и сосредоточенность мысли и работы были теми благоприятствующими факторами, которые несколько уясняют с внешней стороны поразительные размеры и величие совершенного Ньютоном, но качество научного наследия Ньютона есть секрет гения, оставшийся непонятным и ему самому. Мы ему только удивляемся.

Родина Ньютона — деревня Вульсторп, километрах в десяти южнее городка Грэнтэм, вблизи восточного берега Англии (рис. 2)[3]. О происхождении семьи Ньютонов из Вульсторпа имеются очень скудные сведения. До получения дворянства Ньютон, повидимому, мало интересовался своими предками. Как это нередко бывает, предков в семье помнили только до деда. Правда, сделавшись «сэром Исааком» (после получения дворянства), Ньютон представил в геральдическую палату официальную родословную, в которой перечисляются родственники включительно до отца прапрадеда Джона Ньютона из Вестбая в графстве Линкольн (рис. 3). О социальном положении этого Джона Ньютона нет достоверных сведений. Позднее, почти перед смертью, Ньютон в частном разговоре с математиком Грегори рассказывал, что прадед его был шотландским дворянином, переселившимся в Англию при короле Якове I и здесь разорившимся. Основания такого утверждения не известны; по этому делу Ньютон обращался с письмом к представителю шотландской дворянской фамилии Ньютон оф Ньютон, но ответа не получил.

Отец Ньютона, также Исаак Ньютон, только за несколько месяцев до своей кончины женился на Анне Эйскоу (Ayscough). Таким образом, Ньютон не видал своего отца. Известно лишь, что отец умер в возрасте 37 лет и по сведениям, исходящим от отчима Ньютона Варнавы Смита, «был диким, чудным и слабым человеком». Мать Ньютона, происходившая из уважаемой в округе семьи, повидимому тоже фермерской, наоборот, в воспоминаниях ха-



Рис. 2. Города в Англии, в которых жил Ньютон

рактеризуется как «женщина исключительных достоинств и доброты». Впрочем этим сведения и ограничиваются.

Ньютон родился 25 декабря (старого стиля) 1642 г. в самой тяжелой обстановке, вскоре после смерти отца. Роды произошли преждевременно и ребенок был необычайно хилым и маленьким, не надеялись, что он выживет. Вопреки таким предзнаменованиям Ньютон прожил 85 лет, отличаясь хорошим здоровьем. Небольшая ферма, в которой родился Ньютон, около сотни лет оставалась собственностью Ньютонов и только после смерти Исаака перешла в 1732 г. во владение другой семьи.

Маленький сельский домик из серого камня, в котором

произошло историческое событие рождения Ньютона, сохранился до нашего времени (рис. 4 и 5), правда, несколько изменившись.

Спустя три года после рождения сына мать вступила во второй брак со священником Варнавой Смитом, а маленький Исаак остался в Вульсторпе один на воспитании бабушки; здесь, в ближайших сельских школах, он научился читать, писать и считать. Этим, к счастью, его родные не удовлетворились и с двенадцати лет Исаака послали учиться в Грэнтэм в королевскую школу, поселив у городского аптекаря Клэрка. Такое внимание к образованию мальчика показывает, что окружающие близкие едва ли нацело были поглощены только деревенскими интересами. Родственники и близкие Ньютона — священники, семья доктора, аптекарь, фермеры. В такой среде естественно для мальчика намечалась духовная или медицинская профессия. Другой возможностью было только фермерство. Колебания между этими путями были, повидимому, недолгими. В 1656 г. мать Ньютона овдовела второй раз и вернулась с тремя детьми, братом и сестрами Исаака, в Вульсторп. Мальчику пошел пятнадцатый год, он мог быть помощником в хозяйстве, и мать взяла его в 1658 г. из Грэнтэма снова в Вульсторп. Пребывание в деревне длилось больше двух лет, для юноши срок не малый. Но кроме нескольких анекдотов мы очень мало знаем об этом важном периоде в жизни Ньютона, когда вырабатывались его склонности и характер. Во всяком случае осенью 1660 г. Ньютон снова в грэнтэмской школе, где он спешно готовится к поступлению в Кэмбриджский университет. 5 июня 1661 г. он принят в Тринити колледж (коллегия Троицы) в Кэмбридже.

В рассказах о школьном периоде жизни Ньютона, появившихся уже после его смерти, трудно отделить бессознательное создание легенд от фактов. В них ясно и вполне естественно желание подчеркнуть стороны характера Ньютона, которые проявились со всею силой позднее. Грэнтэмская школа, в которой Ньютон в совокупности пробыл почти пять лет, вероятно, имела не малое значение в формировании его характера и в освоении математики, латинского языка и богословия, необходимых для университетских занятий.

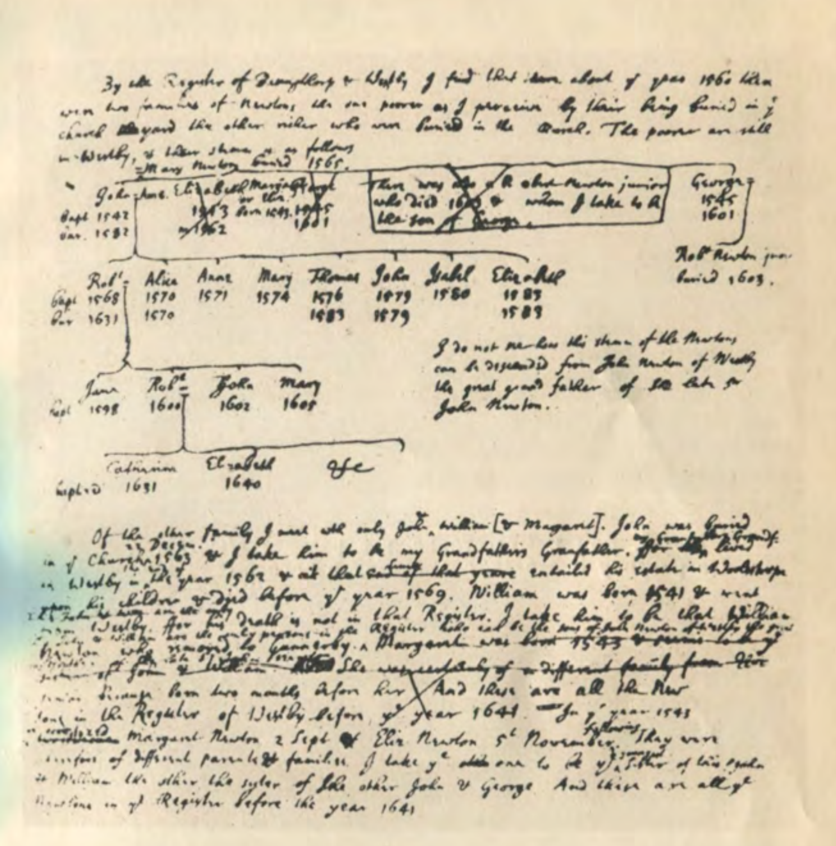


Рис. 3. Собственноручный черновик генеалогии Ньютона (1705 г.)

Рис. 4. Дом в Вульсторпе, где родился Ньютон. По рисунку Стекелея, сделанному в начале XVIII в.



Рис. 5. Дом в Вульсторпе, где родился Ньютон, в современном состоянии.

Во главе грэнтэмской школы в то время стоял Генри Стокс, известный в округе как превосходный учитель. Сохранился рассказ о том, что Стокс высоко оценил способности и прилежание мальчика, провожал его по окончании школы со слезами на глазах и произнес речь, восхваляя талант и характер Ньютона. Здание грэнтэмской школы сохранилось до сих пор (рис. 6).

Во всяком случае в университете Ньютон оказывается значительно более подготовленным, чем сверстники.

Есть сведения, что непосредственным поводом возвращения Исаака в Грэнтэм в 1660 г. будто бы явился такой случай. Однажды дядя Ньютона, ученый священник Эйскоу, также получивший образование в Тринити колледже в Кэмбридже, застал юношу врасплох, сидящим у забора в глубоком раздумье за решением какой-то математической задачи. Дяде удалось убедить мать Ньютона не противодействовать склонностям сына. Более правдоподобен, впрочем, рассказ о том, что инициатива посылки Ньютона в университет принадлежит Стоксу. По словам Стекелея, собравшего наиболее ценные и полные сведения о детских годах Ньютона, Стокс уговорил мать Ньютона вернуть его в школу и пойти навстречу его желаниям.

Сохранились рассказы о том, что мальчик любил строить сложные механические игрушки, модели водяных мельниц, самокаты, водяные и солнечные часы. Маленький циферблат солнечных часов, вырезанный из стены вульсторпского дома, правда не очень тщательный и точный, хранится с 1844 г. в Королевском Обществе. Мальчик любил заниматься воздушными змеями, запуская их иногда и ночью с бумажными цветными фонарями и распространяя при этом в шутку в округе слух о новой комете. Муж племянницы Ньютона Кондуитт передает со слов самого Ньютона, что своим первым физическим экспериментом он считает опыт, произведенный в год смерти Кромвеля в 1658 г.: желая определить силу ветра во время бури, шестнадцатилетний юноша измерял дальность своего прыжка по направлению и против ветра.

Эти рассказы позволяют угадать будущего искусного экспериментатора, любителя тонкого, аккуратного и красивого опыта, отличного шлифовальщика зеркал, призм и линз, превосходившего умением лучших лондонских ма-

стеров. Склонность к занятиям химией и алхимией, которым Ньютон посвящал впоследствии очень много времени, могла зародиться в обстановке жизни у аптекаря Клэрка. От аптеки XVII в. до алхимической лаборатории расстояние было небольшое.

Корни религиозных настроений и богословских трудов Ньютона лежат прежде всего в обще-английских течениях XVII в.[4], кроме того отчим Исаака Смит и дядя Эйскоу, имевшие несомненно большое влияние на мальчика, были священниками.

Недавно (в 1927 г.) Д. Е. Смитом опубликованы выдержки из тетради Ньютона, содержащей записи с 1655 по 1662 г., т. е. охватывающие школьные годы в Грэнтэме и первый университетский период. К грэнтэмским годам относятся довольно обширные правила рисования пером и красками, показывающие первоисточник отличных практических сведений о цветах, обнаруженных впоследствии в оптических исследованиях Ньютона. Далее идут некоторые, повидимому, случайные медицинские рецепты, химические фокусы и своеобразный словарь, в котором слова разделяются по 16 рубрикам, например, таким: искусства, ремесла и науки, птицы, ткани, болезни, травы и деревья, человек, его проявления и чувства и т. д. Словарь занимает 42 страницы тетради. Эти детские записи подтверждают сведения о большом интересе мальчика к ремеслу, к работе руками и одновременно обнаруживают большую систематичность и аккуратность. Впрочем эти записи, как недавно обнаружено, в точности скопированы Ньютоном с книги Бэта «Тайны природы и искусства»[5].

Имеется не мало свидетельств о том, что Ньютон хорошо рисовал. Стены его комнаты в доме аптекаря были увешаны рисунками, портретами руководителя грэнтэмской школы, казненного короля Карла I (портрет последнего в комнате Ньютона позволяет составить некоторое представление о роялистских политических настроениях Ньютона в эпоху Кромвеля). Под портретом были стихи, которые прежними биографами приписывались самому Ньютону. Недавно доказано, что они взяты с печатного издания Eikon Basilice.[6]

К грэнтэмскому периоду относится единственное, повидимому, романическое увлечение Ньютона. В доме аптекаря Клэрка он подружился с маленькой мисс Сторей, воспитанницей аптекаря. Позднее дружба, как предполагают биографы, перешла в любовь, и намечался брак. Но впоследствии, когда вполне определилась университетская карьера Ньютона, он отказался от намерения жениться. По средневековой традиции члены колледжа должны были оставаться холостыми. Мистрисс Винцент (б. мисс Сторей) в старости вспоминала, что Ньютон был здравомыслящим, молчаливым и задумчивым юношей, очень неохотно принимавшим участие в играх с товарищами. Он предпочитал оставаться дома, хотя бы даже в обществе девочек, которым часто делал маленькие столы, шкафчики и другие поделки. Любил он также, по ее словам, собирать лекарственные травы.

До конца жизни Ньютон поддерживал дружеские отношения с участницей своих детских игр, помогал ей и посещал при наездах в родные места. Мисс Сторей умерла в возрасте 82 лет, пережив Ньютона. Дом аптекаря в Грэнтэме был, таким образом, во многих отношениях привлекателен для Ньютона.

По преданию, во время частых поездок на рынок в Грэнтэм молодой фермер забывал о своих хозяйственных поручениях, оставлял лошадь старому слуге, сопровождавшему его, и проводил долгие часы у Клэрка.

С переселением в Кэмбридж наступает резкая перемена в жизни Ньютона. Интересы семьи, хозяйства, знакомые и друзья — все остается позади в почти монастырской обстановке коллегии Троицы.





ГЛАВА ВТОРАЯ

Тринити колледж

(1661–1669)

Университеты почти повсюду и до наших дней резонно хранят некоторые средневековые черты. Для университета характерно неразделимое смешение учебных и ученых функций. С кафедр молодым поколениям передается наследие старой науки, но с тех же кафедр это старое часто беспощадно разрушается, создается новая наука, ученик превращается в критика или сам начинает учить. Студент предполагается в значительной степени самостоятельным, «самоучкой», и трудно в конечном счете сказать, университеты ли создавали Ньютонов и Ломоносовых, или наоборот. Встреча старого и молодого, науки и ученья — замечательная черта университетов, определяющая их органическую жизнеспособность. Предоставление широкой инициативы самому студенту особенно характерно для английских университетов и, в частности, для наиболее знаменитого из них — Кэмбриджского. Для оценки значения университета в развитии такой исключительной индивидуальности, как Ньютон, существенны не столько наука, сколько, может быть, бытовые условия, отдаленность от повседневных интересов, общение с учеными, определенные рамки быта.

Длительная гражданская война тяжело отозвалась на английских университетах, в том числе и на Кэмбриджском, и в особенности на Тринити колледже, основанном в 1546 г. Колледж лишился многих своих выдающихся членов (fellow по-английски), доходы его уменьшились, были нарушены



Рис. 6. Внутренность школы в Грэнтэме в современном виде.

Epistola ad Lectorem.

factitant, à me depulsum partum amicorum haud recusantium nutriciæ curæ commisi, prout ipsis visum esset, educandum aut exponendum. quorum unus (ipsos enim honestum duco nominatim agnoscere) D. Isaacus Newtonus, *collega noster (peregregiæ vir indolis ac insignis peritiæ) exemplar revisit, aliqua corrigenda monens, sed & de suo nonnulla penu suggerens, quæ nostris alicubi cum laude innexa cernes. alter (quem nostræ gentis haud immerito* Mersennum *dixero, cùm suâ tum aliorum operâ provehendis hisce literis natum) D.* Joh. Collinsius, *ingente suo cum labore editionem procuravit. Possem jam alios expectationi tuæ obiees ponere, seu veniæ conciliatrices causas obtendere (meam ingenii tenuitatem, experimentorum inopiam, alias intercurrentes curas) nisi* Catonis *senioris mordaculum illud in me subvererer recasurum:* Rectè si Amphictyonum decreto constrictus hæc evulgas. *Hujusmodi saltem præloquium partim*

Рис. 7. Строки из предисловия к «Лекциям» Барроу, где впервые в печати упоминается имя Ньютона.

старые порядки и традиции, не заменившись новыми, и пуританское благочестие наложило неизбежный отпечаток на учебную и ученую деятельность коллегии. Возрожденческий свежий ветер нового исследования, наука Галилея, Кеплера, Декарта еще в недостаточной степени проникли через Ла-Манш. Несмотря на влияние Фрэнсиса Бэкона, в Кэмбридже веяло еще средневековой теологией и схоластикой.

В год рождения Ньютона появился в печати английский перевод трактата ученого кэмбриджца Джозефа Меде «Ключ к Апокалипсису», в котором устанавливалась связь божественного откровения с действительной историей. В этой книге не трудно угадать прообраз будущих ньютоновских «Толкований на Апокалипсис». Мистическое учение Якова Беме, споры католической и англиканской церквей, филологические упражнения с попытками свести все к праязыку — еврейскому, на котором будто бы говорили Адам и Ева, — вот некоторые темы ученой продукции Кэмбриджа в предньютоновский период. Влияние этой богословской атмосферы на Ньютона до конца его дней несомненно.

Кэмбридж был, вероятно, проторенной дорогой для родственников и близких вульсторпского молодого фермера. Там учился его дядя священник Джемс Эйскоу, старший член (senior fellow) Тринити колледжа Бэбингтон был близко связан с грэнтэмским аптекарем Клэрком, существовали и другие связи.

5 июня 1661 г. Ньютон был принят в Тринити колледж в качестве субсайзера (так назывались бедные студенты, выполнявшие обязанности слуг в колледже для заработка. Они прислуживали бакалаврам, магистрам и пр.). По запискам Ньютона можно заключить, что первые годы в Кэмбридже в отношении ученья протекали обычно. В течение двух лет он изучал арифметику, геометрию по Эвклиду, тригонометрию, богословские науки и древние языки, в особенности латинский и в меньшей степени греческий и еврейский. По записной книжке, о которой говорилось в предыдущей главе, видно, что в то время он познакомился с системой Коперника. С 1663 г. он проявляет особый интерес к оптике. В оптике Ньютон мог применить свое экспериментальное искусство, уменье

строить приборы, любовь к ремеслу и поделкам. Учение о свете оказалось поприщем, где одновременно понадобились математическая абстракция и опыт и где Ньютон мог в полной мере развернуть свои способности.

Единственным учителем Ньютона, действительно оказавшим на него большое влияние, был Исаак Барроу, первый люкасовский профессор. Люкасовская кафедра в Тринити колледже основана в 1663 г. на средства, пожертвованные неким Генри Люкасом, и по уставу связана с обязанностью читать одну недельную лекцию по геометрии, арифметике, астрономии, географии, статике или другим математическим наукам; четыре недельных часа, кроме того, отводились для обсуждения со студентами прочитанного курса. Первым люкасовским профессором был, как сказано, учитель Ньютона Барроу, вторым сам Ньютон. Эта кафедра, сохранившаяся до нашего времени, естественно приобрела славу, получение ее считалось большой честью. В настоящее время ее занимает П. Дирак, один из основателей современной квантовой механики.

Исаак Барроу (1630—1677) был молодым профессором в студенческие годы Ньютона и впоследствии, повидимому, стал его другом. Племянник епископа и сын роялиста, Барроу по политическим и религиозным соображениям предпочел на ряд лет покинуть Англию. После четырехлетнего путешествия с большими приключениями по Франции, Италии и Малой Азии он получил при реставрации в 1660 г. в Кэмбридже кафедру греческого языка. Знания Барроу были разносторонними. В 1662 г. он становится профессором философии в Лондоне, в 1663 г. членом Королевского Общества и профессором математики в Кэмбридже. Впрочем довольно скоро (в 1669 г.) Барроу отказался от люкасовской кафедры, она была уступлена им ученику Ньютону. Сам Барроу предпочел место придворного капеллана в Лондоне. С 1672 г. Барроу стал «мастером», т. е. директором Тринити колледжа. Его стараниями колледж обогатился новой библиотекой, построенной знаменитым архитектором Реном.

Превосходное знание древних языков и математики определило Барроу как выдающегося переводчика античных геометров (Архимеда, Эвклида, Аполлония). Памятником его профессорской деятельности на люкасовской

кафедре остались «Оптические и геометрические лекции» [7]. В «Письме к читателю», которым, по старинному обычаю, начинаются лекции, Барроу указывает, что издание их стало возможным только благодаря помощи друзей, причем первым среди них назван Ньютон (рис. 7). «Наш коллега д-р Исаак Ньютон (муж славный и выдающихся знаний),— сообщает Барроу,— просмотрел рукопись, указал несколько необходимых исправлений и добавил нечто и своим пером, что можно заметить с удовольствием в некоторых местах». В самом тексте «Лекций» есть также определенные указания на сотрудничество Ньютона.

Обычно биографы Ньютона считают своим долгом выразить недоумение, каким образом автор великих оптических открытий мог допустить в книге, им просмотренной и даже содержащей его собственные добавления, совсем устарелые взгляды. Барроу пишет, например, что красный цвет — это сгущенный свет, а голубой — разреженный. По этому поводу можно заметить, что центр изложения «Лекций по геометрии и оптике» сосредоточен на математической стороне, на теоремах лучевой оптики и на геометрии. Вопросы теории света и цветов затронуты очень кратко и в осторожной скептической форме. Приведем некоторые строки из «Лекций», ярко характеризующие скептическое и даже насмешливое отношение учителя Ньютона к гипотезам о свете: «Физики много спорят,— пишет Барроу,— о природе света, одни считают свет некоторой телесной субстанцией, другие качеством или движением. Спорят о происхождении света, о том, проходит ли он через среду непрерывно, или распространяется импульсами, умножая сам себя. Я не разбираю этих любопытных вопросов... Мне не удалось понять скрытые свойства света, и самые мудрые философы не постигли, какими способами множится свет, какова его сущность и как он может проявлять силу. Оба представления о свете встречаются с равными трудностями. Поэтому я склоняюсь к мнению, что свет может порождаться обоими родами движения, как телесным истечением, так и непрерывными импульсами. Может быть, лучше приписывать некоторые действия одному, а иные другому... Поскольку надо же сказать что-нибудь о природе света, я соглашаюсь с теми из коротко упомянутых гипотез, которые что-нибудь объ-

ясняют, принимая, что дело происходит так, или схожим способом».

Эта скептическая декларация Барроу по духу своему очень напоминает девиз «Hypotheses non fingo» (я не выдумываю гипотез) его великого ученика. Становится понятным источник нелюбви и во всяком случае безразличия Ньютона к гипотезам. Естественно после приведенной цитаты заподозрить в этом влияние Барроу. Биографы Ньютона мало обращали внимания на «Лекции» Барроу, кроме упомянутого места о природе цветов. Однако если заглянуть в подлинник «Лекций», то можно увидеть, что странице с изложением старомодной теории цветов предшествует такая ироническая фраза: «Поскольку зашла речь о цветах, нужно (по обычаю и порядку) немножко погадать и о них»[8], т. е. Барроу дает понять свое скептическое отношение к излагаемой далее «теории» цветов. Из приведенных цитат вполне ясно, что Барроу не придает значения гипотезам, которыми он пользуется в книге, рассматривая их как вспомогательные построения. Понятно поэтому, что молодой Ньютон, просматривая, по поручению Барроу, экземпляр лекций, исправлял и дополнял основное, т. е. их математическую часть, а не случайные предположения, которые он, столь же скептически как и Барроу, относясь ко всяким гипотезам, не смог бы заменить другими. Ньютон просматривал лекции Барроу, вероятно, в то время, когда еще не готовил собственных «Лекций по оптике», о которых будет сказано подробно в дальнейшем.

Как отмечено в предисловии к первому латинскому изданию «Лекций по оптике» Ньютона в 1729 г., изданных после его смерти, в отношении начальных элементов оптики он всюду следует Барроу. С другой стороны, Барроу в письме к Коллинсу называет «Лекции» Ньютона «едва ли не самым замечательным трудом нашего времени». Таким образом, едва ли можно говорить о противоречивости лекций Барроу и Ньютона. Барроу скептически смотрит на все гипотезы о свете и приводит некоторые из них только «для порядка». Ньютон же пытается отказаться вообще от всяких гипотез, заменяя их экспериментальными аксиомами или принципами.

Главные заслуги Барроу относятся к области матема-

тики. Имя его в частности связывается с новым методом нахождения касательных к кривым из подобия треугольников, образуемых с одной стороны ординатой в точке касания, касательной и подкасательной, и с другой — бесконечно малой дугой и разностями координат крайних точек этой дуги. Метод этот стал важным этапом развития исчисления бесконечно малых.

Ранняя смерть Барроу в Лондоне в 1677 г. в возрасте 47 лет глубоко опечалила многих ученых того времени, знавших его. Ньютон в старости говорил, что наибольшее огорчение смерть Барроу причинила, конечно, ему.

Со времени поступления в Тринити колледж Ньютон, насколько известно, уже не колебался в отношении выбора профессии. Университетские степени того времени проходились им в должном порядке и с большой быстротой. В 1664 г. он становится «действительным студентом» (scholar), в начале 1665 г. получает степень баккалавра вместе с другими 25 студентами Тринити колледжа.

В октябре 1667 г. после трех лет баккалавратуры его избирают младшим членом (minor fellow) колледжа. Однако очень скоро, в марте 1668 г., он уже становится старшим членом (major fellow), а в июле того же года «мастером искусств» (или магистром). Через год Барроу уступает ему люкасовскую кафедру, и Ньютон достигает вершины служебного положения первой половины своей жизни. Правда, есть сведения, что в 1677 г. епископ Тенисон предлагал Ньютону вакантную после смерти Барроу должность «мастера колледжа», т. е. его директора, если Ньютон примет духовный сан. Этого, как мы знаем, не случилось.

Сухому и краткому «послужному списку» Ньютона в период 1661—1669 гг. на самом деле соответствует глубочайший процесс развития сознания, способностей и творчества одного из наиболее гениальных людей, которых когда-либо знало человечество.

Ньютон-студент из прилежного, аккуратного ученика (каким он проявляется по записным книжкам и другим немногим сохранившимся документам) быстро превращается в ученого с невиданной степенью самостоятельности и оригинальности. Впоследствии, во время споров с Лейбницем, он вспоминал на основании своих расходных

записей, что между 1664 и 1665 гг. он открыл свой метод бесконечных рядов и вычислил площадь гиперболы с точностью до 52 знаков. Очень рано начались также экспериментальные занятия оптикой. Среди студенческих записей Ньютона встречаются заметки о преломлении света, о полировке линз и их ошибках. В своей «Оптике» Ньютон описывает круги вокруг Луны, наблюдавшиеся им 19 февраля 1664 г. В описании с большой точностью приводятся подробности окраски кругов и их дуговые размеры, показывающие, что измерения производились инструментом. Сохранилась запись о покупке в сентябре 1665 г. призмы на ярмарке в Стоурбридже.

Громадное значение в жизни Ньютона, а вместе с тем и в истории науки вообще имел длительный «творческий отпуск», который волей-неволей был предоставлен Ньютону во время страшной чумы, свирепствовавшей в Англии в 1664—1667 гг.; летом 1665 г. в Лондоне умерло больше 31 тыс. человек. Для спасения от заразы люди убегали из скученных городов в деревню, и молодой ученый попал из колледжа снова в тишину Вульсторпа на этот раз с головой, наполненной новыми мыслями, знаниями и проектами. Повидимому, Ньютон пробыл в Вульсторпе от августа 1665 г. по 25 марта 1666 г. и от 22 июня 1666 г. по 25 марта 1667 г.

Таким образом молодой ученый почти два года прожил в деревенской тиши, вдали от многолюдного колледжа с его профессиональными новостями, дрязгами и столкновениями самолюбий. Здесь он мог полностью сосредоточиться и продумать те проблески новых открытий, которые, вероятно, возникали еще в колледже. Впоследствии стало известно, что за эти чумные годы Ньютон создал анализ бесконечно малых, метод флюксий, как он его называл, или дифференциальное и интегральное исчисление, по принятой теперь терминологии Лейбница. Метод был изложен в пяти коротких мемуарах, написанных между 20 мая 1665 г. и ноябрем 1666 г. В это же время раскрывается в полной мере экспериментальный гений Ньютона. В Тринити колледже и, может быть, в вульсторпском домике Ньютон собрал большую коллекцию оптических приборов, линз, призм, зеркал, телескопов, микроскопов, стеклянных сосудов различной формы, кото-

рые он покупал постепенно, создавая первоклассную для своего времени оптическую лабораторию[5]. Об этой оптической коллекции Ньютона можно составить очень живое представление из подробных описаний его опытов в «Лекциях по оптике». Кроме того, Ньютон был сам искусным мастером, он, повидимому, с наслаждением занимался шлифовкой и полировкой стекла и металлов и конструированием приборов. Со своими приборами, возможно сначала в Вульсторпе, а затем в Тринити колледже Ньютон проводит знаменитые опыты над разложением и сложением света. Источником света служило Солнце, изредка сияние планет и свечи. В Вульсторпе, повидимому, Ньютон начал сооружать свой отражательный телескоп. Можно думать, что основные принципы учения о свете стали ясными для него во время этих первых вульсторпских опытов.

Наконец, к тем же годам, как явствует из ряда свидетельств самого Ньютона, относятся первые его мысли о всемирном тяготении, о чем придется ниже говорить подробнее.

Удивительность творческого подъема в 1665—1667 гг. в жизни Ньютона заключается не только в необычайном богатстве и значении полученных им научных выводов, но также и в том, что подобный подъем не повторялся у него больше никогда в размерах, в какой-либо степени сравнимых.

В вульсторпские чумные годы Ньютон создал программу всей дальнейшей своей основной научной работы и в значительной мере ее осуществил.

Казалось бы, возвращение в Кэмбридж в 1667 г. должно было стать триумфальным для 25-летнего исследователя. Но Ньютон, повидимому, никому не рассказал о своих открытиях. Ньютон как создатель анализа бесконечно малых стал известен миру только через тридцать с лишним лет, да и то по причине злополучного приоритетного спора с Лейбницем. Об открытии всемирного тяготения Ньютоном ученый мир узнал лишь через 20 лет. Быстрее всего, но все же со значительным опозданием, примерно через 5—6 лет, были опубликованы оптические работы Ньютона. Причиной такой беспримерной медлительности в публикации научных результатов была, по-

видимому, крайняя требовательность Ньютона к безошибочности и точности своих утверждений. Эта же невиданная ранее в науке требовательность в конце концов лежит и в основе его антипатии к гипотезам. К этой основной психологической черте Ньютона нам придется возвращаться еще не раз.

Как протекала жизнь Ньютона в первые кэмбриджские годы с бытовой стороны? Об этом сохранилось мало сведений. Известно, что он изредка принимал участие в студенческих пирушках и играл в карты. Но делалось это, вероятно, больше с целью не слишком выделяться среди других.

Молодой Ньютон был бережлив и аккуратен в своих расходах, значительные средства тратил он только на книги и научные приборы. Доходы Ньютона с того времени, как он стал членом колледжа, были довольно значительными, достигая (по расчетам лиц, интересовавшихся этим делом) 200—250 фунтов стерлингов в год. На такие деньги в те времена можно было жить с комфортом, особенно в провинции[10].

Очень интересным документом, обрисовывающим как житейские, так до некоторой степени и научные воззрения Ньютона в рассматриваемую эпоху, служит сохранившееся письмо его к кэмбриджцу Астону, впоследствии секретарю Королевского Общества, отправлявшемуся в заграничное путешествие. Перевод этого письма приводим полностью.

«Сэр,

В письме Вашем Вы позволяете мне, не стесняясь, высказать мое суждение о том, что́ может быть для Вас полезным в путешествии, поэтому я делаю это значительно свободнее, чем было бы прилично в ином случае. Я изложу сначала некоторые общие правила, из которых многое, думаю, Вам уже известно; но если хотя бы некоторые из них были для Вас новы, то они искупят остальное; если же окажется известным все, то буду наказан больше я, писавший письмо, чем Вы, его читающий.

Когда Вы будете в новом для Вас обществе, то: 1) наблюдайте нравы; 2) приноравливайтесь к ним, и Ваши отношения будут более свободны и откровенны;

3) в разговорах задавайте вопросы и выражайте сомнения, не высказывая решительных утверждений и не затевая споров; дело путешественника учиться, а не учить. Кроме того, это убедит Ваших знакомых в том, что Вы питаете к ним большое уважение, и расположит к большей сообщительности в отношении нового для Вас. Ничто не приводит так быстро к забвению приличий и ссорам, как решительность утверждения. Вы мало или ничего не выиграете, если будете казаться умнее или менее невежественным, чем общество, в котором Вы находитесь; 4) реже осуждайте вещи, как бы плохи они ни были, или делайте это умеренно из опасения неожиданно отказаться неприятным образом от своего мнения. Безопаснее хвалить вещь более того, чего она заслуживает, чем осуждать ее по заслугам, ибо похвалы не часто встречают противоречие или по крайней мере не воспринимаются столь болезненно людьми, иначе думающими, как осуждения; легче всего приобрести расположение людей кажущимся одобрением и похвалой того, что им нравится. Остерегайтесь только делать это путем сравнений; 5) если Вы будете оскорблены, то в чужой стороне лучше смолчать или свернуть на шутку, хоть бы и с некоторым бесчестием, чем стараться отомстить; ибо в первом случае Ваша репутация не испортится, когда Вы вернетесь в Англию или попадете в другое общество, не слыхавшее о Вашей ссоре. Во втором случае Вы можете сохранить следы ссоры на всю жизнь, если только вообще выйдете из нее живым. Если же положение будет безвыходным, то, полагаю, лучше всего сдержать свою страсть и язык в пределах умеренного тона, не раздражая противника и его друзей и не доводя дело до новых оскорблений. Одним словом, если разум будет господствовать над страстью, то он и настороженность станут Вашими лучшими защитниками. Примите к сведению, что оправдания в таком роде, например: «Он вел себя столь вызывающе, что я не мог сдержаться», понятны друзьям, но не имеют значения для посторонних, обнаруживая только слабость путешественника.

К этому я могу прибавить несколько общих указаний по поводу исследований и наблюдений, которые сейчас пришли мне в голову. Например: 1) надо следить за поли-

тикой, благосостоянием и государственными делами наций, насколько это возможно для отдельного путешественника; 2) узнать налоги на разные группы населения, торговлю и примечательные товары; 3) законы и обычаи, поскольку они отличаются от наших; 4) торговлю и искусство, насколько они выше или ниже, чем у нас в Англии; 5) укрепления, которые попадутся Вам на пути, их тип, силу, преимущества обороны и прочие военные обстоятельства, имеющие значение; 6) силу и уважение, которым пользуются дворяне и магистрат; 7) время может быть не бесполезно потрачено на составление каталога имен и деяний людей, наиболее замечательных в каждой нации по уму, учености или уважению; 8) наблюдайте механизмы и способ управления кораблями; 9) наблюдайте естественные продукты природы, в особенности в рудниках, способ их разработки, извлечение металлов и минералов и их очищение. Если Вы встретитесь с какими-либо превращениями веществ из их собственных видов (как, например, железа в медь, какого-либо металла в ртуть, одной соли в другую или в щелочь (insipid body) и т. д., то обращайте на это внимание более всего, так как нет опытов в философии, более проясняющих и обогащающих, чем эти; 10) цены съестных припасов и других предметов; 11) главные продукты данной страны.

Эти общие указания (которые я мог сейчас придумать) могут во всяком случае пригодиться при составлении плана Вашего путешествия. Что касается частностей, то вот что я мог сейчас надумать: 1) Узнайте, превращают ли в Хемнице в Венгрии (где находятся рудники золота, меди, железа, купороса, антимония и пр.) железо в медь растворением в купоросной воде, которую находят в расселинах скал в рудниках, и затем плавлением в густом растворе на сильном огне, причем при охлаждении обнаруживается медь. Говорят, что то же самое делается и в других местах, которые я теперь не могу припомнить, может быть в Италии. Лет двадцать-тридцать тому назад оттуда привозили особый купорос (называемый римским купоросом), более благородный, чем вещества, называемые теперь этим именем; мы не можем достать этого купороса, возможно, что его выгоднее применять на превращение железа в медь, чем на продажу. 2) Не существуют

ли в Венгрии, Словакии, Богемии, около города Эйла, или в Богемских горах, вблизи Силезии, золотоносные реки; может быть, золото растворено в какой-нибудь едкой воде, вроде царской водки (acqua regis), и раствор уносится потоком, пробегающим через рудник. Держится ли в тайне, или практикуется открыто способ класть ртуть в эти реки, причем ее оставляют там до тех пор, пока она не напитается золотом, после чего ртуть обрабатывается свинцом и золото очищается. 3) В последнее время в Голландии изобрели мельницу для выравнивания и, как я думаю, также для полировки стекол; может быть, стоило бы ее посмотреть. 4) В Голландии находится некто Бори, который несколько лет содержался папой в тюрьме с целью выпытать от него секреты (как я слышал) большой важности как для медицины, так и для обогащения; ему удалось скрыться в Голландию, где он охраняется. Кажется, он обыкновенно одет в зеленое платье. Пожалуйста, справьтесь о нем и узнайте, принесли ли какую-нибудь пользу его таланты голландцам. Вы можете также узнать, не имеют ли голландцы каких-нибудь средств для предохранения кораблей от червей во время их путешествий в Индию. Применяются ли часы с маятником для определения долгот и т. д. Я очень устал и, не вдаваясь в долгие комплименты, желаю Вам только доброго пути, и да будет господь с Вами.

Ис. Ньютон

Пожалуйста, пишите нам о Вашем путешествии. Я передал две Ваши книги Др. Арроусмит».

Упуская из виду историческую перспективу, некоторые биографы считают это письмо наивной продукцией или даже шуткой молодого Ньютона, в котором будто бы трудно узнать будущего гениального философа, физика и математика.

Такое заключение несправедливо. Тактические правила поведения в иностранном обществе, которым Ньютон поучает Астона в первой части письма, может быть, кажутся наивными по своей старомодной форме, но очень дальновидны по существу и не утеряли своего интереса и пользы и сейчас. Правда, впоследствии Ньютону не-

хватало самому той сдержанности, уравновешенности и осторожного невмешательства, которые он рекомендует своему корреспонденту, но они оставались направляющей чертой его характера. Крайняя неохота, с которой Ньютон опубликовывал впоследствии свои труды, до некоторой степени отвечает скептическому замечанию в письме к Астону: «Вы мало или ничего не выиграете, если будете казаться умнее или менее невежественным, чем общество, в котором вы находитесь».

В этом же письме проявляется некоторый интерес к государственным делам и отчасти становится понятным присутствие впоследствии Ньютона в парламенте, деятельность его в Монетном дворе и работа в различных морских комиссиях. Относить химические указания Ньютона к разряду обычных алхимических заблуждений того времени тоже нет оснований. В частности, дело идет о вытеснении меди из медного купороса и об амальгамировании ртути. На основании этой части письма можно заключить во всяком случае, что уже в это время Ньютон обстоятельно занимался изучением химических явлений. Есть в письме также краткое указание на интерес Ньютона к искусству шлифования стекол. Самый факт нравоучительно-настоятельного послания со стороны Ньютона достаточно ярко обрисовывает солидный, уравновешенный характер молодого 27-летнего магистра и профессора и то уважение, которым он пользовался.





ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Физическая оптика до Ньютона

Со времени получения люкасовской кафедры в Кэмбридже в 1669 г. прошло более 20 лет без всяких изменений во внешней обстановке жизни Ньютона. Если просмотреть хронологическую таблицу его трудов и дней, составленную Эдлестоном изо дня в день, то в этот период мы не заметим ни одного «события» в житейском смысле слова: отмечаются только письма, участие в работах Королевского Общества, появление печатных работ, университетские выборы и пр. Ньютон оставался в Кэмбридже, изредка наезжая в Вульсторп и Лондон. Но этой монотонности и внешнему спокойствию соответствует наиболее напряженный период научной деятельности Ньютона. Работой исчерпывалась вся жизнь за указанную эпоху, и совершенно естественно, не прерывая хронологической нити рассказа, можно перейти от биографических фактов к изложению трудов Ньютона.

История учения о свете до Ньютона, если говорить о ней как о последовательном ряде новых продуктивных результатов, развивалась главным образом по линии геометрической оптики. Исключая случаи распространения света в мутных средах (например, туманах) и сложные явления, наблюдающиеся при встрече световым потоком очень малых отверстий или препятствий, можно сказать, что в однородной среде свет идет прямолинейно, меняя свое направление только при отражении и преломлении. Это было известно еще в древности, причем античные оптики знали закон отражения света, но в отношении преломления ограничивались только опытными сведениями.

Закон преломления удалось найти только в XVII в. Снеллю и Декарту. Эти физические основания геометрической оптики были вполне усвоены в первой половине XVII в. и нашли изящное и глубокое выражение в принципе скорейшего пробега светового луча Ферма.

Труба Галилея и его замечательные астрономические открытия превратили геометрическую оптику из отвлеченной математической дисциплины в чрезвычайно жизненную и важную практическую область, необходимую для рационального расчета оптических приборов. Но при сравнении таких расчетов с опытом все яснее становилось, что принципы геометрической оптики сами по себе еще не достаточны для полного правильного описания и объяснения распространения света.

Прежде всего надо было как-нибудь понять явление цветности световых лучей, явным образом отличавшей один луч от другого. Почти в неприкосновенном виде физика донесла до Ньютона традицию Аристотеля. Полагали, что цвета возникают от смешения света с темнотою в разных пропорциях. Еще в 1609 г. Кеплер, творения которого были главным источником оптических сведений Ньютона, писал, что различие цветов вызывается различным предрасположением материи прозрачного вещества к свету или тьме соответственно плотности или степени тьмы, присущей данной материи. Двумя годами позднее итальянский епископ Антонио де-Доминис, трактат которого также изучался Ньютоном, пытался найти подтверждение такому воззрению в явлении призматических цветов. Антонио полагал, что у преломляющего угла призмы, где она тоньше всего, выходит красный цвет, содержащий «тьму» в наименьшей пропорции, по мере возрастания толщины появляется зеленый цвет, дальше фиолетовый. Такие утверждения явно противоречили опыту и, не разрешая задачи, только ее запутывали. Возникновение цветного изображения из белого луча при прохождении через стеклянную призму естественно позволяло надеяться именно в призме найти ключ к разрешению проблемы цветов. Кроме Антонио, экспериментальное решение задачи при помощи призмы искал Маркус Марци де-Кронланд в своем трактате «Thaumantias»,

появившемся в Праге в 1648 г. Экспериментальные выводы Марци бесспорно предваряют некоторые позднейшие результаты Ньютона. «Свет,— заключает Марци,—превращается в цвета только при определенном преломлении в плотных средах, и различные виды цветов являются частями с различными преломлениями. Один и тот же цвет не может возникнуть при различных преломлениях, и при одном преломлении не могут появиться различные цвета. Отражение окрашенного светового луча не меняет его цвета, но и вторичное преломление уже окрашенного луча не может изменить вид его окраски». По этим опытным фактам Марци не сумел, однако, угадать истины. По его мнению, призматические цвета возникают от лучей, исходящих из разных точек Солнца и падающих на призму под различными углами. Разность углов падения лучей, исходящих от крайних точек солнечного диска, составляет 0,5 градуса. Эта небольшая разность не раз использовалась впоследствии в различных теориях цветов и в научных спорах. В частности, на нее опирались впоследствии некоторые критики Ньютона. Солнце долго и после Ньютона было практически почти единственным источником света в оптических экспериментах, и конечная угловая величина солнечного диска соблазняла не мало исследователей на ошибочные теоретические догадки.

Причину различия цветов Марци искал в «конденсации»— сгущении световых лучей. В неявной форме у Марци цвет — снова аристотелевское смешение света с тьмой. В «Лекциях по оптике» Барроу, в просмотре которых до печати, как говорилось выше, принимал участие Ньютон, приводится гипотеза о цветах, напоминающая взгляды Марци (без упоминания о нем). Гипотеза такова: белое— то, что испускает обильный свет во все стороны, черное—то, что в ничтожной мере отдает свет, красное— то, что излучает сгущенный свет, голубое — то, что испускает разреженный свет, зеленое — близко к голубому. Прочие цвета являются смесью: желтый — из белого и красного, пурпуровый — из голубого и красного.

Мы уже отмечали, что ошибочным было бы приписывать серьезно такие взгляды Барроу, а тем более Ньютону. Барроу приводил типичное мнение современников, не противопоставляя ему ничего другого. Можно добавить, что

теория Аристотеля долгое время и после Ньютона держалась еще кое-где в физике.

Гете, яростно нападая на Ньютона, противопоставлял ему в сущности учение Аристотеля. Еще в 1831 г. шеллингианец профессор Велланский в Петербурге писал: «...Цвéты суть совместное произведение света со тьмою, происходящее в материи. Свету и тьме... соответствует белый и черный цвета, составляющие все цвéты тел, которые различаются только по содержанию в оных белого с черным» [11].

Совсем иное объяснение различия цветов предлагалось в теории Декарта. По его механическим представлениям, вследствие непрерывного движения первоначальной однородной субстанции, сплошь заполняющей вселенную, выделились три рода материи. Первый состоит из мельчайших продолговатых частиц, второй из одинаковых круглых частиц и, наконец, третий род материи — большие скопления, образовавшиеся из частиц первого рода. В каждом светящемся теле частицы первого элемента находятся в оживленном движении и производят сильное давление на круглые частицы второго рода. Вследствие непрерывного заполнения пространства это давление не может вызвать поступательного движения круглых частиц, возникает только некоторое «стремление», тенденция к движению, мгновенно распространяющемуся от светящегося тела во все стороны. Уподобляя это давление гидростатическому давлению в жидкости, Декарт считает его причиной световых ощущений. Когда направление распространяющегося давления образует с поверхностью раздела двух сред разной плотности косой угол, то круглые частицы второго элемента, не получая попрежнему поступательного движения, могут вращаться. Это вращение будет быстрее в тех частях луча, которые раньше доходят до преломляющей поверхности. Ощущению этого вращения круглых частиц с разной скоростью и соответствуют, по Декарту, различные цвета.

При этом Декарт различает три рода «элементарных» цветов: красный, желтый и синий. Прочие создаются из их сочетания.

В этой картине, имеющей, конечно, только исторический интерес и чисто спекулятивной, заслуживает вни-

мания идея, связывающая различие цветов с различием частот некоторых периодических движений. Эта идея перешла и в современную оптику. Для нас теперь кажется странным, каким образом та же мысль не возникла у приверженцев волновой теории света. Чисто качественное сравнение световых явлений с звуковыми или с волнами на водной поверхности было не редким. Такие уподобления можно разыскать и у древних; в более новые времена высказывал их, опять в качественной форме словесной аналогии, Леонардо да Винчи. Незадолго до начала оптических опытов Ньютона сравнение цветов с тонами звука появились в трактатах Делашамбра (1657) и иезуита Гримальди (1665). Но звуковые явления были изучены не больше световых, и, говоря о «тоне», не понимали отчетливо, какому механическому фактору соответствует это свойство звука. На ряду с Гюйгенсом, намеренно обходившим в своем знаменитом «Трактате о свете» явления цветности, смелым защитником волновой теории был Роберт Гук — непременный, почти до гробовой доски, оппонент Ньютона. О нем нам придется в дальнейшем говорить неоднократно. В поисках той переменной величины волнового движения, которая могла бы характеризовать цветность луча, Гук остановился на угле, образуемом поверхностью волны с направлением распространения. Прямой угол, по Гуку, соответствует белому свету, при косом луче имеется возможность окраски, проявляющейся только в том случае, когда свет граничит с одной стороны с темнотою. Синий цвет вызывается косой волной, ослабленная часть которой попадает в глаз первою, красный же — в обратном случае. На основании такого представления Гук пытался истолковать цвета тонких пластинок.

В теории Гука, следовательно, образование цветов объясняется в сущности снова по Аристотелю смешением тьмы и света.

Таково было положение учения о цветах перед работами Ньютона. Все изложенные теории были надуманными и искусственными, объясняющими в лучшем случае небольшую группу фактов. Критика была легка, и оборона таких теорий безнадежна. Осторожные исследователи, вроде Бойля и Барроу, ограничивались сопоставлением разных воззрений. Однако в половине XVII в. проблема

цвета была настолько отчетливо поставлена, что то или иное решение ее было неизбежным.

Напряженность теоретической и экспериментальной работы в области световых явлений в шестидесятые и семидесятые годы этого столетия была поистине беспримерной. С полным основанием можно сказать, что в эти годы родилась физическая оптика. Достаточно привести некоторые хронологические даты. В 1662 г. появляется трактат амстердамского физика Исаака Фосса «О природе света», в котором, в частности, высказывается мысль о том, что разнообразие цветов следует приписать не телам, а самому свету. В 1665 г. опубликовывается в Болонье посмертный труд иезуита Гримальди, содержащий, между прочим, ясное описание явления диффракции (огибания) света. В том же году появляется «Микрография» Гука, в которой излагается его теория цветов и впервые описывается явление интерференции света в цветах тонких пластинок. В том же 1665 г. Бойль печатает свои «Опыты и рассуждения о цветах, в особенности о природе белизны с наблюдением алмаза, светящегося в темноте». В 1670 г. Эразм Бартолин открывает двойное преломление света в кристаллах исландского шпата. В 1675 г. Оле Рӧмер впервые определяет скорость света наблюдением затмений спутников Юпитера. В 1678 г. появляется трактат Гюйгенса о свете, содержащий первые успешные количественные выводы волновой теории света. На середину этого блестящего периода развития оптики падают главные оптические исследования Ньютона.





ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

Отражательный телескоп Ньютона и Королевское Общество в Лондоне

(1668–1672)

Университетская жизнь Ньютона началась в те годы, когда ученый мир Европы не мог еще прийти в себя от потрясающего впечатления, произведенного астрономическими открытиями Галилея, сделанными в 1609–1610 гг. при помощи его телескопа. До Галилея в течение тысячелетий наука описывала явления, объясняла их и приводила иногда к построению полезных приборов и машин. Галилей впервые показал, что наука способна к большему, к открытию новых, нежданных явлений, необычайно расширяющих известную нам природу. Поэтому Галилея сравнивали с Колумбом и даже с богом — творцом, создающим мир, ранее не известный.

Галилей достиг этого при помощи трубы с выпуклой и вогнутой линзами. Не удивительно поэтому, что астрономы, физики, математики с увлечением принялись за усовершенствование телескопа. Шлифовка и полировка стекол, конструирование машин для обработки стекла по сферическим и несферическим поверхностям, разработка геометрической оптики преломляющих сред и различные способы улучшения телескопов — это постоянные темы занятий ученых разных специальностей в XVII в.

Лучи от светящейся точки в сферической линзе конечной толщины, кривизны и размеров не могут сойтись в одной точке, а пересекаются по целой поверхности. Это явление есть необходимое свойство шаровой поверх-

ности, а поэтому называется «сферической аберрацией»[12]. В наше время известно, что такую аберрацию можно значительно уменьшить, если применять систему линз, ограниченных шаровыми поверхностями различной кривизны. Этим способом получаются современные широкоугольные и светосильные объективы, работающие в очень невыгодных условиях и вместе с тем дающие хорошо «исправленные» изображения.

В XVII в. этого не знали; кроме того, для улучшения телескопов сферическая аберрация может быть значительно понижена увеличением длины трубы: она убывает по мере вырастания фокуса объектива. Поэтому строились и предлагались чрезвычайно длинные системы. Во Франции проектировался, например, телескоп больше 30 метров длины. Другой выход из затруднения искали в замене шара более сложными поверхностями — эллипсоидом, параболоидом, гиперболоидом. Такие поверхности на основании принципов геометрической оптики позволяли получать изображение без аберраций.

После сказанного не удивительно, что уже в 1664 г. мы застаем Ньютона-студента за работой по улучшению телескопа. Ньютон, по его свидетельству, в 1666 г. занялся собственноручным изготовлением несферических стекол. Задача эта остается очень трудной и в настоящее время. Можно вообразить поэтому, какие препятствия приходилось преодолевать Ньютону и его современникам! Какие-то несферические линзы все же были получены; о качестве их сведений нет.

Ньютон через некоторое время (вероятно через 1—2 года) прекратил эту трудную работу, убедившись, что главные ошибки в изображении получаются не от сферической аберрации, а от радужного окаймления, неизбежно сопровождающего изображение точки как в сферических, так и в несферических линзах. В 1669 г. в своих «Лекциях по оптике» Ньютон такими словами излагал слушателям положение дела: «Изучающие диоптрику воображают, что зрительные приборы могут быть доведены до любой степени совершенства при помощи стекла, если полировкой сообщить ему желаемую геометрическую фигуру. Для этой цели придуманы были разные инструменты для притирания стекол по гиперболическим, а

также параболическим фигурам, однако точное изготовление таких фигур до сих пор никому не удалось, ибо работали понапрасну. И вот для того, чтобы не тратили далее труд свой на безнадежное дело, осмеливаюсь я предупредить, что, если бы даже все происходило удачно, все же полученное не отвечало бы ожиданиям. Ибо стекла, коим дали бы фигуры наилучшие, какие для этой цели можно придумать, не будут действовать и вдвое лучше сферических зеркал, полированных с той же точностью. Говорю это не для осуждения авторов-оптиков, ибо все они в отношении задачи своих доказательств высказывались точно и вполне правильно. Однако нечто и притом очень важное было оставлено ими для открытия потомкам. Так, я обнаружил в преломлениях некую неправильность, искажающую все. Она вызывает не только недостаточное превосходство конических сечений над сферическими фигурами, но и служит причиной того, что сферические фигуры дают много меньше, чем если бы сказанное преломление было однородным».

Этот вывод определил два направления дальнейшей деятельности Ньютона. Одно — работа над телескопом с отражающим сферическим зеркалом, другое — исследование причин хроматической аберрации. Конечно, хроматическую аберрацию знали и до Ньютона, для этого достаточно было посмотреть в зрительную трубу на светящуюся точку. Но никому до него не приходило в голову связать ее с неотчетливостью изображений в трубе, никто не ставил до Ньютона вопроса об ее причине и никто не искал практического выхода в отражательном телескопе. Одна постановка таких вопросов и в таком сочетании подымала Ньютона над всеми оптиками — его современниками.

Несомненно, что мысль о возможности построения телескопа с вогнутым сферическим зеркалом, вместо стеклянного объектива, возникла у Ньютона вполне самостоятельно, но она вовсе не была новой. Еще при жизни Галилея среди его друзей и учеников отражательные телескопы обсуждались неоднократно, лет за сорок до Ньютона, как видно из переписки Галилея. В 1626 г. есть, например, упоминание о таком инструменте, построенном неким Чезаре Караваджи. Отражательным телескопом

занимался ученик Галилея, знаменитый математик Бонавентура Кавальери, один из предшественников Ньютона в области исчисления бесконечно малых. Впрочем вывод Кавальери был очень неблагоприятен для рефлекторов: «Я полагаю,— писал он в 1632 г.,— что они никогда не дойдут до совершенства труб со стеклами, строить ли их из сочетания с зеркалами, или вместе с линзами. В этом может удостовериться всякий, кто произведет испытание». Были и другие изобретатели рефлекторов. Приступив к осуществлению своего инструмента, Ньютон вскоре, по его словам, обнаружил, что проект отражательной трубы был предложен до него еще в 1663 г. Грегори в книге «Optica promota», и признавал впоследствии печатно, что ему принадлежит лишь честь выполнения первого такого прибора.

В результате упорного труда и опытов над изготовлением сплавов и над полировкой металлических поверхностей Ньютону в 1668 г. удалось построить первую модель телескопа-рефлектора длиною всего в 15 см и с зеркалом в 25 мм в диаметре. Этот телескоп-лилипут действовал, однако, не хуже длинных рефлекторов того времени, в него можно было видеть спутников Юпитера. Однако вследствие несовершенства сплава, из которого было изготовлено зеркало, и неудовлетворительной полировки, изображения были тусклыми и размытыми.

К 1671 г. Ньютон успел построить второй прибор бо́льших размеров и лучшего качества. Внешний вид его изображен на рис. 9, на схеме рис. 10 штриховыми линиями указан ход лучей в приборе. Из рисунков ясны также механические части прибора. Прибор сохранился в коллекции Лондонского Королевского Общества.

Поучительно внимательно всмотреться и вдуматься в этот прибор. Он был результатом большого экспериментального искусства и терпения. Каждая деталь в нем возникала как итог исследования и труда. Ньютон долго искал подходящий сплав для зеркала и перепробовал многочисленные рецепты. В письме от 29 сентября 1671 г. секретарю Королевского Общества Ольденбургу Ньютон писал, например, следующие строки, живо воскрешающие перед нами образ Ньютона-химика и металлурга: «Сначала я расплавил одну медь, затем положил туда мышьяк и,

сплавив несколько, размешал все вместе, остерегаясь вдыхать ядовитый дым. Затем добавил олова и снова, после очень быстрого расплавления его, все перемешал. После этого сразу все вылил». Много лет спустя в своей «Оптике» Ньютон подробно описал выработанный им способ полировки металла для зеркала: «Полировка, которой я пользовался,— писал он,— была такого рода. Я имел две круглых медных пластинки, шесть дюймов в диаметре каждая, одну выпуклую, другую вогнутую, точно притертые одна к другой. К выпуклой пластинке я притирал металл объектива, или вогнутое зеркало, которое нужно было полировать до тех пор, пока оно принимало форму выпуклой пластинки и было готово к полировке. Затем я покрывал выпуклый металл очень тонким слоем смолы, капая расплавленной смолой на металл и нагревая его; чтобы сохранить смолу мягкой, в это время я притирал ее вогнутой медной пластинкой, смоченной для того, чтобы распределить смолу поровну по всей поверхности... Затем я брал очень тонкую золу, отмытую от больших частиц, и, положив немного ее на смолу, притирал к смоле вогнутой медью до тех пор, пока не прекращался шорох; после этого я притирал быстрым движением металл объектива к смоле в течение двух или трех минут, сильно на него нажимая. Далее, я насыпал на смолу свежей золы, притирал ее снова до исчезновения шума и после этого, как и прежде, притирал объективный металл. Эту работу я повторял до тех пор, пока металл не отполировался, притирая его напоследок со всей моей силой в течение изрядного времени и часто дыша на смолу для того, чтобы держать ее сырой, не подсыпая свежей золы».

Надо заметить, что эти приемы полировки были результатом собственного опыта Ньютона, и что ему приходилось переучивать искуснейших лондонских мастеров-полировщиков. Не известно, по собственному ли почину или по инициативе других лиц осенью 1671 г. Ньютон послал свой телескоп на усмотрение короля.

В те годы телескопы были модны не меньше «философского камня», ими интересовались самые широкие круги населения. Весть о том, что в Кэмбридже какой-то изобретатель построил телескоп совсем новой конструкции, достигла Лондона и, может быть, дошла и до короля.

Присланный маленький телескоп был осмотрен Карлом II и членами недавно утвержденного (1662) Королевского Общества — Гуком, Реном, математиком и знаменитым строителем собора Св. Павла в Лондоне, и другими. Инструмент получил полное одобрение, и 11 января Ньютон был избран в члены Общества.

Королевское Общество в Лондоне — одно из самых славных научных обществ в мире, продолжающее интенсивную работу и в наше время. Оно получило оффициальную санкцию как раз в студенческие годы Ньютона и, следовательно, было в то время совсем молодым учреждением. Общество возникло из частного, почти конспиративного кружка, который Бойль называл «Невидимой коллегией»; он образовался в тревожное революционное время в 1645 г. в Лондоне из любителей естественных наук. Такие кружки, академии и общества были характерны для поздней эпохи Возрождения. Особенно много их было в Италии (Академия деи Линчеи в Риме, Академия даль Чименто во Флоренции и пр.). Главная цель Общества состояла в развитии нового экспериментального метода, а потому демонстрация различных новых явлений и приборов составляла одно из основных занятий еженедельных заседаний. Скоро членами Общества стали многие выдающиеся ученые и деятели эпохи. На рис. 12 воспроизведен список почетных и действительных членов Общества, предназначавшийся для выборов из них десяти членов Совета Общества 30 ноября 1671 г., совсем незадолго до избрания Ньютона в члены Общества. На ряду с громкими именами принцев, герцога Букингемского и пр., в этом списке мы видим подлинно блестящие имена Барроу, Бойля, Грегори, астронома Гевелиуса, Гука, Гюйгенса, философа Локка, математика Уоллиса, архитектора Рена и др. Считаясь со славной репутацией частного кружка, Карл II в 1662 г. дал ему титул «Королевского Общества» и многие научные и имущественные привилегии. Общество получило герб с характерным девизом неверующего апостола Фомы: «Nullius in verba» (приблизительно: «словам не верю»). Общество больше чем какие-либо иные европейские научные организации послужило образцом для научных академий, учреждение которых стало в конце XVII и в XVIII в. своего рода «хорошим тоном» для



Рис. 8. **Объявление о продаже оптических инструментов лондонского оптика Yarwell'a (1672 г.).**



Рис. 9. Телескоп-рефлектор Ньютона, хранящийся в Королевском Обществе в Лондоне.



Рис. 10. Схема телескопа-рефлектора Ньютона, из которой ясна механическая конструкция прибора.



Рис. 11. Исаак Ньютон — баккалавр. Гравюра с портрета П. Лели (1665—1670 гг.?). Портрет не достоверный.

европейских государств. В России, только что «прорубившей окно в Европу», велением Петра I в 1724 г. была основана, а в 1725 г. фактически начала работу «Санктпетербургская Императорская Академия Наук» — русский отзвук на возникновение Королевского Общества.

Королевское Общество стало основной ареной научной борьбы и научных побед Ньютона. С 30 ноября 1703 г. и до конца своей жизни Ньютон был президентом этого Общества.

Телескоп Ньютона быстро стал предметом национальной гордости в Англии и любимым прибором английских астрономов. Много усилий было затрачено на его усовершенствование Гадлеем при жизни автора. Сам Ньютон по крайней мере еще лет десять продолжал работать над инструментом. В «Оптике» он упоминает, что в 1681–1682 гг. пытался заменить металлическое зеркало стеклянным мениском, покрытым ртутью с выпуклой стороны. Очень успешное применение для важнейших астрономических открытий телескоп-рефлектор получил в руках В. Гершеля, построившего в 1789 г. инструмент, зеркало которого имело диаметр в 122 см[13]. В XIX в. лорд Росс построил еще бóльший рефлектор с зеркалом, диаметр которого достигал 182 см. При помощи этой трубы были, в частности, открыты спиральные туманности, т. е. новые вселенные, равноправные нашей Галактике. В 1917 г. в США на Моунт-Вильсон был установлен новый громадный рефлектор работы Ричи с зеркалом диаметром 2,5 м. С этим инструментом сделаны наиболее замечательные астрономические открытия последних лет (например, универсальное смещение спектральных линий в красную сторону спектра в спиральных туманностях, возрастающее прямо пропорционально расстоянию этих туманностей от Галактики). Наконец, в 1940 г. закончен постройкой колоссальный телескоп-рефлектор на обсерватории Моунт-Поламар в США с пятиметровым зеркалом. Вторая мировая война задержала испытание нового прибора, его пришлось спрятать в глубокое подземелье от возможных японских авиационных бомб. Диаметр зеркала нового телескопа в 200 раз больше, чем в ньютоновом приборе, а его площадь, т. е. энергия, собираемая инструментом, в $(200)^2 = 40\,000$ раз превосходит площадь зеркала Нью-

тона. Различные соображения оптического и конструктивного характера давно привели к выводу, что практически почти невозможно и во всяком случае нерационально строить телескопы-рефракторы с диаметрами больше одного метра; поэтому для всех задач астрономии, для решения которых нужны телескопы с большими отверстиями, рефлектор остается единственным решением. Успех Ньютона был не временным и не случайным, его инструмент

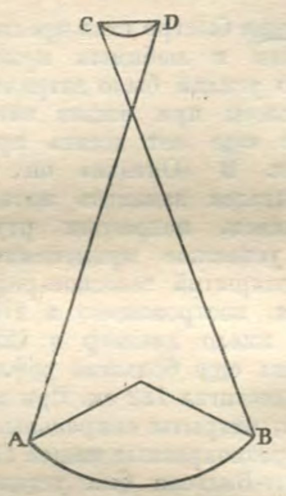


Рис. 11. Схема отражательного микроскопа Ньютона

предопределил на несколько веков одну из главных линий развития инструментальной астрономии.

Представляя свой телескоп, Ньютон упомянул и о возможности построения отражательного микроскопа. Ньютонова схема такого микроскопа изображена на рис. 13. Отражательный микроскоп был построен в 1827 г. итальянским оптиком Амичи, однако до недавнего прошлого он не имел практического значения, так как исправленные на хроматическую аберрацию стеклянные объективы микроскопа (так называемые ахроматы и апохроматы) имели значительные преимущества. Только за последнее время, когда возникла надобность в микроскопах, работающих без перефокусировки в любых областях спектра, в частности

в ультрафиолетовых и инфракрасных лучах, пришлось снова вернуться к отражательным микрообъективам. Такие объективы построены недавно Ленинградским Государственным Оптическим Институтом.

Телескоп Ньютона можно назвать увертюрой ко всей его дальнейшей деятельности.

Как в увертюре, предшествующей большой музыкальной пьесе, переплетаются основные мотивы этой пьесы, так в телескопе Ньютона можно проследить истоки почти всех главных направлений его дальнейшей научной мысли и работы.

Обход хроматической аберрации был началом всех оптических исследований Ньютона, поиски подходящего сплава для зеркал, вероятно, в не малой степени помогли дальнейшим химическим поискам Ньютона и компетентному управлению Монетным двором. Прямая цель телескопа — звездное небо — привлекла Ньютона к основным задачам небесной механики и астрономии. Наконец, бесполезные хлопоты с несферическими поверхностями, предшествующие рефлектору, неизбежно связывались с геометрией конических сечений и с общими задачами анализа.

Вслед за этой увертюрой-телескопом открывались последовательно важнейшие фазы научной жизни Ньютона. Уже через неделю после принятия его в члены Королевского Общества Ньютон пишет следующие знаменательные строки секретарю Общества Ольденбургу: «Нельзя ли сообщить мне в Вашем ближайшем письме, сколько времени будут еще продолжаться еженедельные собрания Общества, ибо я рассчитываю представить Королевскому Обществу на апробацию сообщение об одном физическом открытии, которое и привело меня к построению телескопа. Я не сомневаюсь, что этот доклад будет приятнее, чем сообщение о приборе; ибо, по моему суждению, дело идет о примечательнейшем, если не важнейшем открытии, которые когда-либо делались относительно действий природы».

6 февраля 1672 г. в заседании Общества и был прочтен доклад Ньютона под заглавием «Новая теория света и цветов».





ГЛАВА ПЯТАЯ

«Лекции по оптике» и «Новая теория света и цветов»

(1669–1672)

Ньютон молчал до 1669 г. о своих оптических открытиях, сделанных за время 1664—1668 гг. в вульсторпской ферме и в Тринити колледже. Он поделился ими впервые или, вернее, пытался поделиться в лекциях, которые ему пришлось читать после Барроу по обязанности люкасовского профессора.

Как проходили лекции молодого профессора? Сведений об этом нет, только о позднейшем периоде (около 1680 г.) сохранился рассказ, что лекции Ньютона успеха у студентов не имели, плохо понимались и плохо посещались. Иногда будто бы Ньютон просто не находил слушателей в аудитории и возвращался домой.

Во всяком случае оптические лекции Ньютона едва ли могли быть поняты нужным образом его слушателями. Значительная часть этих лекций состояла из подробного описания многочисленных опытов. О возможности лекций с экспериментальными демонстрациями в те времена, конечно, никто не думал, да, кроме того, не было никаких шансов рассчитывать на прямые солнечные лучи, необходимые для опытов Ньютона во время лекционных часов. Оставались только рисунки и словесные пояснения к опытам. Описания такого рода, перемежающиеся с длинными геометрическими доказательствами, понимавшимися не сразу, большинству должны были казаться непонятными и скучными. Не удивительно поэтому, что лекции Нью-

A LIST OF THE ROYAL SOCIETY.

HIS SACRED MAJESTY KING CHARLES II. *FOUNDER AND PATRON.*

His Royal Highness JAMES *Duke of* YORK. | *His Highness Prince* RUPERT *Count Palatine of the Rhine.* | *His Highness* FERDINAND *Duke of Brunswych and Lunenburgh.*

ARCHIBALD *Earl of* ARGILE
ARTHUR *Earl of* ANGLESEY.
ANTHONY *Lord* ASHLEY.
JAMES *Lord* ANNESLEY
William Aglionby *M.D.*
James Arderne *D.D.*
Thomas Allen *M.D.*
Elias Ashmole *Esquire.*
Sir Robert Atkins *Knight.*
Monsieur Adrian Auzout.
John Awbrey *Esquire.*

GEORGE *Duke of* BUCKINGHAM.
GEORGE *Lord* BERKLEY.
WILLIAM *Lord* BRERETON
Nicholas Bagnal *Esquire.*
Thomas Baines *M.D.*
William Balle *Esquire.*
Peter Balle *M.D.*
Thomas Barrington *Esquire.*
Isaac Barrow *D.D.*
Ralph Bathurst *D.D.*
John Beal *D.D.*
[illegible] Beaufort [illegible] de Frefort.
Monsieur Theodore de Beringhen.
Sir Charles Berkley *Knight of the Bath.*
Sir John Birkenhead *Knight.*
Robert Boyle *Esquire.*
John Brook *Esquire.*
David Bruce *M.D.*
Monsieur Ismael Bullialdus.
Mr Gilbert Burnet.
Sir Edward Bysshe *Knight.*

GILBERT *L. Ar. Bp. of* CANTERBURY
EDWARD *Earl of* CLARENDON
CHARLES *Earl of* CARLISLE
JOHN *Earl of* CRAFORD *and* LINDSEY.
WILLIAM *Lord* CAVENDISH
CHARLES *Lord* CLIFFORD
D. Ant. Alvarez da Cunha *Reg. Lus. Archiduc.*
Mr James Carkesse.
George Castle *M.D.*
Sir Philip Carteret *Knight.*
Edward Chamberlain *L.L.D.*
Sir Winston Churchil *Knight.*
Henry Clerk *M.D.*
George Cock *Esquire.*
Colonel Thomas Colepeppyr.
Mr John Collins.
John Colwall *Esquire.*
Sir Richard Corbet *Knight.*

Edward Cotton *D.D. A.D. of Corn.*
Peter Courthope *Esquire.*
Thomas Cox *M.D.*
Daniel Cox *M.D.*
Thomas Cox *Esquire.*
John Creed *Esquire.*
Thomas Crispe *Esquire.*
Sir William Curtius *Knight and Bar.*
Sir John Cutler *Knight and Baron.*

HENRY *Marquess of* DORCHESTER
WILLIAM *Earl of* DEVONSHIRE
EDWARD *Earl of* DORSET.
Monsieur Vital de Damas.
John Downs *M.D.*

BENJAMIN *L. Bish. of* ELY.
Sir George Ent *Knight.*
Andrew Ellis *Esquire.*
John Evelyn *Esquire.*

MAURICE *L. Visc.* FITZHARDING
Sir Francis Fane *Knight of the Bath.*
Sir John Finch *Knight.*
[illegible] Ford *Esquire.*
Sir [illegible] Gascon *Knight.*
Joseph Glanvile *B.D.*
Francis Glisson *M.D.*
Sir William Godolphin *Knight.*
Major John Graunt.
Mr. James Gregory.
Nehemias Grew *M.D.*

Theodore Haak *Esquire.*
William Hammond *Esquire.*
William Harrington *Esquire.*
Sir Erasmus Harvy *Baronet.*
Sir Edward Harley *Knight of the Bath.*
Sir Robert Harley *Knight.*
Thomas Harley *Esquire.*
Monsieur Godefrid Helmfeld *N.S. Suecus.*
Nathaniel Henshaw *M.D.*
Johannes Hevelius *Consul of Dantz.*
Monsieur Urbanus Hierne *Suecus.*
Abraham Hill *Esquire.*
James Hoar *Esquire.*
William Holder *D.D.*
Anthony Horneck *M.A.*
Robert Hook *M.A.*
John Hoskins *Esquire.*
Charles Hatton *Esquire.*
Charles Howard [illegible]
Edward Howard [illegible]

William [illegible] Hoare *Esquire.*
Monsieur Christian Huygens de Zulichem.
Edward Jeffreys *L.L.D.*

ALEXANDER *Earl of* KINCARDIN
Edmund King *M.D.*

ROBERT *Earl of* LINDSEY *Lord G. Chamb.*
HUMPHREY *L. Bish. of* LONDON
Thomas Lake *Esquire.*
Sir Ellis Leighton *Knight.*
Monsieur Leyonbergh *Resid. of Swed.*
Mr. John Loch.
James Long *Esquire.*
Richard Lower *M.D.*
Anthony Lowther *Esquire.*
Sir Kingsmill Lucy *Kt. and Baronet.*
Mr. Hugues Louys de Lyonne.
Martin Lyster *Esquire.*

Signor Marcellus Malpighi *M.D.*
Mr. Nicholaus Mercator.
D. Gaspar de Mere de Souza *J.V.D. Lus.*
Christopher Merret *M.D.*
Henry More *D.D.*
Jacques de [illegible] *M.D.*

JAMES *Earl of* NORTHAMPTON
Jasper Needham *M.D.*
Walter Needham *M.D.*
Thomas Neile *Esquire.*
Edward Nelthorp *Esquire.*
John Newburgh *Esquire.*
Sir Thomas Nott *Knight.*

Nicholas Oudart *Esquire.*

HENRY *Earl of* PETERBOROUGH
Philip Packer *Esquire.*
Samuel Parker *D.D.*
Sir Robert Paston *Kt. and Baronet.*
John Pearson *D.D.*
John Pell *D.D.*
Samuel Pepys *Esquire.*
Monsieur Pierre Petit.
Sir William Petty *Knight.*
Sir Peter Pett *Knight.*
Peter Pett *Esquire.*
Walter Pope *M.D.*
Sir William Portman [illegible]
Francis Potter *B.D.*
Thomas Povey *Esquire.*
Sir Richard Powle *Knight of the Bath.*
Henry Powle *Esquire.*
RICHARD *Lord Visc.* RANELAUGH

JOHN *Lord Bishop of* ROCHESTER.
JOHN *Lord* ROBERTS
Robert Redding *Esquire.*
Colonel Bullen Reymes.
Thomas Rolt *Esquire.*
Paul Ricaut *Esquire.*

EDWARD *Earl of* SANDWICH
WILLIAM *Earl of* STRAFFORD
WILLIAM *Lord Visc.* STAFFORD
Monsieur William Schroter.
Sir James Shaen *Kt. and Baronet.*
Philip Skippon *Esquire.*
Sir Nicholas Slanning *Knight.*
Henry Slingsby *Esquire.*
Francis Smethwick *Esquire.*
George Smith *M.D.*
William Soame *Esquire.*
Thomas Sprat *D.D.*
Thomas Stanley *Esquire.*
Sir Nicholas Steward *Baronet.*
Monsieur George Stiernhelm *Reg. Suec. Con.*

JOHN *Earl of* TWEDALE.
Sir Gilbert Talbot *Knight*
Sir John Talbot *Knight.*
Christopher Terne *M.D.*
Thomas Thynne *Esquire.*
Malachy Thruston *M.D.*

Sir Theodore de Vaux *Knight.*
Cornelius Vermuyden *Esquire.*
Monsieur Isaac Vossius.

GEORGE *L. Bish. of* WINTON
Edmund Waller *Esquire.*
John Wallis *D.D.*
Elisy Ward *M.A.*
Daniel Whistler *M.D.*
Sir John Williams *Kt. and Baronet.*
Joseph Williamson *Esquire.*
Thomas Willis *M.D.*
Francis Willoughby *Esquire.*
William Winde *Esquire.*
John Winthrop *Esquire.*
Samuel Woodford *Esquire.*
Benjamin Woodroffe *D.D.*
John Wray *M.A.*
Matthew Wren *Esquire.*
Christopher Wren *L.L.D. Survey. Gen.*
Thomas Wren *M.D.*
Sir Cyril Wyche *Knight.*
Edmund Wylde *Esquire.*

RICHARD *L. A. B. of* YORK
JOHN *Lord* YESTER

A LIST Of the present COUNCIL.

WILLIAM *L. Visc.* BROUNCKER. PRESIDENT.

ROBERT *Earl of*	AILESBURY.
William	Aerskin *Esquire.*
Sir John	Banks *Baronet.*
Edward	Brown *M.D.*
JOHN *Lord B. of*	CHESTER.
Timothy	Clark *M.D.*
Daniel	Colwall *Esquire.*
William	Croon *M.D.*
John	Evelyn *Esquire.*
Jonathan	Goddard *M.D.*
HENRY *Lord*	HOWARD of NORF.
Sir James	Hayes *Knight.*
Thomas	Henshaw *Esquire.*
Sir John	Lowther *Baronet.*
Sir Robert	Moray *Knight.*
Sir Paul	Neile *Knight.*
Henry	Oldenburgh *Esq;*
SETH *Lord B. of*	SALISBURY.
Sir Samuel	Tuke *Baronet.*
Sir Peter	Wyche *Knight.*

Of these Members of the Council, Eleven are to be continued *November* 30. 1671.

LONDON, Printed for *John Martyn*, Printer to the *R. S.* MDCLXXI.

Рис. 12. Список членов Королевского Общества в 1671 г.

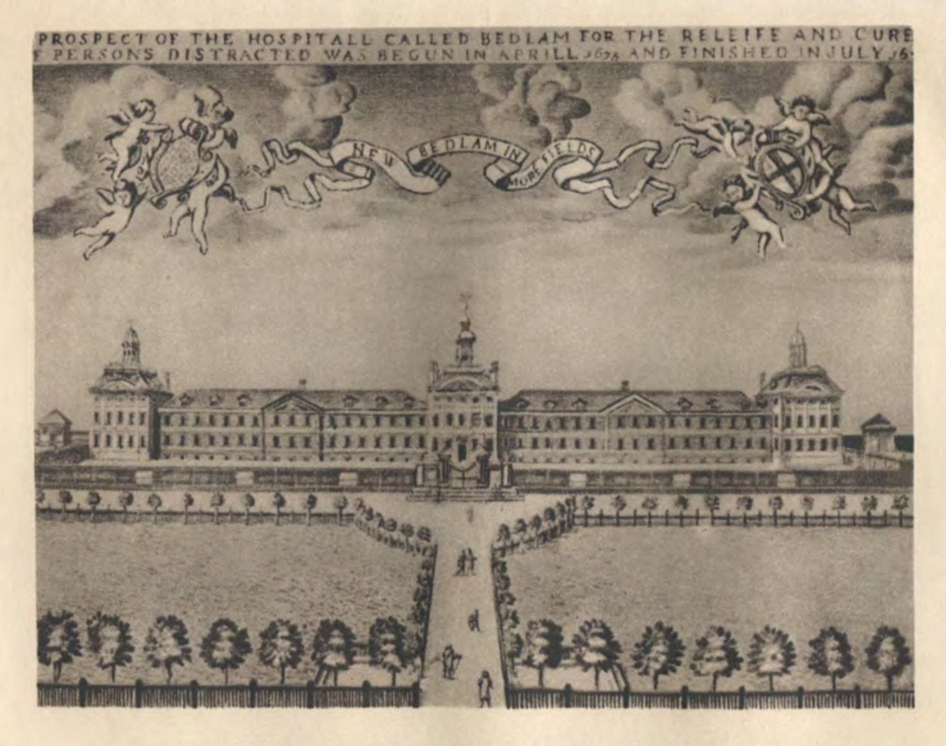


Рис. 14. **Лондон времен Ньютона. Вид больницы Бедлама, построенной по проекту Р. Гука.**

тона не возбудили интереса и остались, вероятно, просто безрезультатными. Во всяком случае они не способствовали распространению замечательных открытий Ньютона в Англии или даже в Кэмбридже.

Рукопись «Лекций по оптике» в том виде, как они читались в 1669—1671 гг., с исправлениями Ньютона была положена, по обычаю, в архив колледжа, другие списки разошлись по рукам и понемногу и немногими читались и усваивались.

Печатное издание этих лекций осуществилось только после смерти Ньютона. Сначала в 1728 г. был издан хороший английский перевод первой (по преимуществу математической) части рукописи, в следующем году появилось латинское издание «Лекций по оптике»[14]. Полного перевода лекций ни на один из современных языков до сих пор не было, и поэтому это первое большое научное произведение Ньютона мало известно и до сих пор.

В дальнейшем изложении оптических работ Ньютона мы, разумеется, опираемся главным образом на вполне зрелую и позднюю «Оптику» (1704). Однако многое в «Лекциях» не повторялось в «Оптике», некоторые места интересны своей непосредственностью и решительностью, отсутствующими в последующих вариантах ньютонового учения о свете. Поэтому для ясного представления научного облика и характера молодого Ньютона полезно познакомиться с отдельными местами «Лекций».

Молодой профессор объясняет, почему опять понадобились лекции по оптике после курса Барроу: «Недавнее изобретение телескопов столь изощрило большинство геометров, что, кажется, в оптике не осталось ничего не испытанного и нет места для новых открытий. Далее, с того времени, как составлены рассуждения, не так давно слышанные вами здесь[15], с таким разнообразием оптических вопросов и полнотой новых сведений, подтвержденных точнейшими доказательствами, моя попытка нового изложения этой науки может казаться лишней тратой сил и бесполезной работой. Однако я заметил, что геометры до сих пор ошибочно понимали свойства света, относящиеся к преломлениям; они молчаливо основывали свои доказательства на некоторой недостаточно хорошо установленной физической гипотезе. Поэтому не-

бесполезным полагаю подвергнуть начала этой науки более строгому исследованию и добавить к тому, что излагал мой уважаемый предшественник с этого места, то, что открыто мной в оптике и установлено многочисленными опытами».

Лекции состоят из двух частей. В первой из них «О преломлениях лучей света» экспериментально устанавливается зависимость преломления от цветности лучей и, далее, на основе нового расширенного учения о преломлении излагается геометрическая оптика преломляющих сред. Здесь Ньютон во многом следует традиции Барроу, часто ссылаясь в сносках на его лекции. Вторая часть «Лекций», озаглавленная «О происхождении цветов», носит совсем иной, революционный характер. Здесь Ньютон закладывает новые начала физического учения о свете и цветах. Примечательны вводные страницы этой части, полные резкой критики и насмешки над аристотелевой традицией и позволяющие понять мировоззрение и метод молодого Ньютона. Эти страницы, очень важные с биографической точки зрения, почему-то ускользали от внимания исследователей.

«Учившие доселе о цветах делали это либо на словах, как перипатетики, либо стремились исследовать природу их и причины, как эпикурейцы и другие более новые авторы,— говорит Ньютон.— То, о чем учили перипатетики в отношении цветов, если и верно, то не имеет никакого значения для нашей цели, ибо они не касались ни способа, коим цвета возникают, ни причин их разнообразия. Споря о происхождении и различных видах вещей, они приписывали причинам, изменяющим вещи и их различие, разные формы, но о причинах и основаниях какой-либо отдельной формы или о том, насколько она отлична от других, об этом никто никогда не говорил. Итак, они пропускали то, объяснение чего есть главное дело философов и что единственно может удовлетворить разум, жадный до естественной науки.

Однакоже, чтобы не излагать этой дурной философии, покажем только, что рассуждения ее, такие, например: у форм существуют другие формы и у качеств другие качества, глупы и смешны. Поскольку свет определяется как качество или форма, дающая светящееся, то не сле-

дует ожидать, что мы услышим что-либо о причинах света или почему свет различен, производя разные цвета». Далее Ньютон приводит мнение, фигурирующее, как мы видели, и в «Лекциях» Барроу, и без труда его опровергает.

«Говорят также,— пишет он,— что у некоторых цветов примешано больше света, чем у других, но этого недостаточно для их получения, ибо никакого цвета не получается из белизны и черноты, смешанных вместе, кроме промежуточных темных, и количество света не меняет вида цвета. Красное же тело, для примера, кажется всегда красным как в сумерках, так и в ярчайший полдень». Мы видели уже, что и у Барроу это мнение приводится только для примера и с усмешкой. Далее Ньютон приводит и отвергает мнение Аристотеля о том, что «цвет есть видимая граница в ограниченном теле», что «свет есть качество прозрачного, а цвет его граница». «Из всего этого,— пишет Ньютон,— едва ли можно понять, каким способом свет преломляется, почему цвета различны, в чем причина их появления в перспективах (т. е. телескопах), и на каком основании можно избежать этого неудобства».

Покончив с перипатетиками, Ньютон переходит к современникам, т. е. Марци, Декарту, Гуку и другим, не называя, впрочем, их по имени: «Что касается мнения других философов, то они утверждают, что цвета рождаются либо от различного смешения тени со светом, либо от вращения шаров или колебания некоторой эфирной среды, если полагать свет возникающим от импульса колеблющейся среды, переносимого в сетчатку глаза... Все эти мнения сходятся в общей ошибке, именно в том, что модификация света, проявляющего отдельные цвета, не свойственна ему по происхождению его, а приобретается при отражении или преломлении... Смешение света и тени, вращение шаров либо различные колебания среды не предполагаются присущими лучам до их отражений и преломлений; считают, что они порождаются самими этими действиями. Перипатетики также выводят происхождение цветов из тел, коих, утверждают они, цвета являются качествами. Насколько, однако, это противоречит истине, явствует с избытком из последующего. Я же

нашел, что модификация света, от которой происходят цвета, врожденна свету... и не может быть разрушена или каким-либо способом изменена». Перечисляя и коротко излагая главные свои выводы, к которым нам придется еще вернуться, Ньютон заключает свое вступление следующими замечательными словами: «Я не вижу препятствий для того, чтобы приступить к исследованию природы цветов, в которой ничто не считалось относящимся к математике... Так же, как астрономия, география, мореплавание, оптика и механика почитаются науками математическими, ибо в них дело идет о вещах физических, небе, земле, корабле, свете и местном движении, так же точно и цвета относятся к физике, и науку о них следует почитать математической, поскольку она излагается математическим рассуждением... Я надеюсь на этом примере показать, что значит математика в натуральной философии, и побудить геометров ближе подойти к исследованию природы, а жадных до естественной науки сначала выучиться геометрии, чтобы первые не тратили все свое время на рассуждения, бесполезные для жизни человеческой, а вторые, старательно выполнявшие до сих пор свою работу превратным способом, разобрались в своих надеждах, чтобы философствующие геометры и философы, применяющие геометрию, вместо домыслов и возможностей, восхваляемых всюду, укрепляли науку о природе высшими доказательствами».

Первые строки приведенных выдержек с похвалой эпикурейской философии дают основания ожидать в дальнейшем развития атомистической, эпикуровой концепции света. Ожидание, однако, не оправдывается. Ньютон с презрением отбрасывает словесные хитросплетения перипатетиков, отвергает гипотезу Декарта и волновые домыслы Гука, но ни слова не говорит об атомистическом толковании света. Ни здесь, ни в других местах «Лекций» нет указания или даже намека на принятие или предпочтение Ньютоном какой-нибудь гипотезы о природе света. Вместо этого, в заключительном, приведенном выше, абзаце прокламируется необходимость и возможность математической теории света и цветов. Как должна строиться эта теория? Для ответа на этот вопрос нужно заглянуть в «Лекции» и в последующие оптические сочинения Нью-

тона. Во главе всего ставится точный опыт, который и составляет основу аксиом или принципов, имеющих такое же назначение, как аксиомы в геометрии. При их помощи далее логически-математическим путем получаются различные следствия, в свою очередь проверяемые на опыте.

Придется еще не раз вернуться к вопросу о роли гипотез и экспериментальных принципов в научной работе Ньютона. В данном месте полезно еще раз отметить сходство точки зрения Ньютона с позицией Барроу. Для Барроу все гипотезы были одинаково произвольными, и он приводил некоторые из них только для порядка («нельзя же без гипотез»). Отличие Ньютона в том, что он порывает с таким порядком и пытается строить свою науку вообще без гипотез (т. е. без произвольных предположений, не доказанных на опыте).

С этой точки зрения «Лекции по оптике», а также более поздняя «Оптика» являются не только совершенно новыми по содержанию, но и по методу.

Как говорилось уже, «Лекции» практически не дошли до ученого мира, и в 1672 г. пришлось обратиться в Королевское Общество со специальным сообщением, озаглавленным «Новая теория света и цветов».

Этот мемуар Ньютона, доложенный Обществу 6 февраля 1672 г., впервые показал миру, что́ может сделать и какой должна быть экспериментальная физика. Ньютон заставил опыт говорить, отвечать на вопросы и давать такие ответы, из которых вытекала «теория». Сообщение кончается знаменательными словами: «Я не буду смешивать домыслов с достоверностями». Ньютон и в сообщении, как и в «Лекциях», строит свое экспериментальное исследование «по Эвклиду». Выставляемым «положениям» дается однозначное экспериментальное доказательство. Из положений логически вытекают «теоремы», проверяемые опытом, и ставятся «задачи», также подтверждаемые опытом. «Принципы философии» Декарта начинаются мудрым правилом: «Для исследования истины необходимо раз в жизни все подвергнуть сомнению, насколько возможно». Больше, чем Декарт, этому правилу следовал Ньютон. В его оптических сочинениях и «Началах» наука как бы начинается сызнова, как будто до Ньютона науки не существовало. Большая, но несколько хаотическая работа в области учения о

цветах, выполненная до Ньютона, совершенно поглощается и меркнет в его оптических исследованиях.

Теория, извлеченная Ньютоном из многообразных опытов, выражена в следующих положениях первого сообщения Ньютона:

«1. Световые лучи различаются в их способности показывать ту или иную особую окраску точно так же, как они различаются по степени преломляемости. Цвета не являются, как думают обыкновенно, видоизменениями света, претерпеваемыми им при преломлении или отражении от естественных тел, но суть первоначальные, прирожденные свойства света. Некоторые лучи способны производить красный цвет и никакого другого, другие желтый и никакого другого, третьи зеленый и никакого иного и т. д.

2. К одной и той же степени преломляемости всегда относится один и тот же цвет и обратно. Наименее преломляемые лучи способны порождать только красный цвет, и, наоборот, все лучи, кажущиеся красными, обладают наименьшей преломляемостью. Наиболее преломляемые лучи кажутся глубоко фиолетовыми и, наоборот, глубокие фиолетовые лучи преломляются более всего, и соответственно промежуточные лучи имеют средние степени преломляемости. Эта связь цветов и преломляемости столь точна и строга, что лучи либо вполне точно согласуются в отношении того и другого, либо одинаково отличаются в обоих.

3. Поскольку я мог открыть, вид окраски и степень преломляемости, свойственные какому-либо роду лучей, не могут быть изменены ни преломлением, ни отражением от тел, ни какой-либо иной причиной. Когда какой-либо род лучей полностью выделялся от лучей другого рода, то он упорно удерживал свой цвет, несмотря на крайние мои старания его изменить. Я преломлял их в призмах и отражал от тел, которые на данном свету кажутся другой окраски, я пропускал их через тонкие окрашенные воздушные слои, появляющиеся между двумя прижатыми друг к другу стеклянными пластинками, заставляя проходить через окрашенные среды и через среды, освещаемые иными сортами лучей; но никогда мне не удавалось вызвать в лучах иную окраску, чем

та, которая была им свойственна сначала. При собирании или рассеянии они становились живее или слабее и при потере многих лучей иногда совершенно темными, но никогда цвет их не изменялся.

4. Изменения цвета могут кажущимся образом происходить, когда имеется какая-либо смесь лучей различных родов. В таких смесях нельзя отличить отдельных слагающих; они, влияя друг на друга, образуют среднюю окраску. Если отделить преломлением или каким-нибудь другим способом различные лучи, скрытые в подобных смесях, то появятся цвета, отличные от окраски смеси; однако эти цвета не возникли вновь, но стали только видимыми вследствие разделения. Разумеется, так же, как при помощи разложения смеси, так и при соединении простых цветов можно вызвать изменения окраски: их также нельзя рассматривать как действительные превращения.

5. Поэтому мы должны различать два рода цветов: одни первоначальные и простые, другие же сложенные из них. Первоначальные, или первичные, цвета суть красный, желтый, зеленый, синий и фиолетовый, пурпур, так же как оранжевый, индиго, и неопределенное множество промежуточных оттенков.

6. Точно такие же по виду цвета, как и простые, могут быть получены смешением: ибо смесь желтого с синим дает зеленый, красного с желтым — оранжевый, оранжевого и желтовато-зеленого — желтый. Только те цвета, которые в спектре находятся на далеком расстоянии друг от друга, не дают промежуточных цветов: оранжевый и индиго не создают промежуточного зеленого, глубоко красный и зеленый не дают желтого.

7. Наиболее удивительная и чудесная смесь цветов — белый цвет. Не существует такого сорта лучей, который в отдельности мог бы вызвать белый цвет: он всегда сложен, и для получения его требуются все вышеупомянутые цвета в правильных пропорциях. Часто с удивлением я наблюдал, как все призматические цвета, сходясь и смешиваясь так же, как в свете, который падает на призму, снова давали совершенно чистый и белый свет, который заметно отличался от прямого солнечного света только в том случае, когда примененные стекла не были вполне чистыми и бесцветными.

8. В этом причина того, почему свет обыкновенно имеет белую окраску; ибо свет — запутанная смесь лучей всех видов и цветов, выбрасываемых из различных частей светящихся тел. Подобная сложная смесь кажется белой, когда ингредиенты находятся в правильной пропорции; если, однако, имеет преимущество один цвет, то свет склоняется в сторону соответствующей окраски, как, например, в синем пламени серы, желтом пламени свечи и в различных окрасках неподвижных звезд.

9. Отсюда становится очевидным, каким образом возникают цвета в призме.

10. Отсюда же ясно, почему появляются цвета радуги в падающих дождевых каплях.

11. Странные явления, наблюдаемые в вытяжках нефритового дерева[16], в золотой фольге и в кусках окрашенных стекол, заключающиеся в том, что они кажутся окрашенными по-разному при различных положениях, перестают быть загадочными; эти вещества отражают свет одного рода и пропускают свет другого рода, как можно легко наблюдать, если освещать эти тела однородным простым светом в темной комнате. В этом случае они имеют всегда один и тот же цвет, которым они освещаются, но в одних положениях цвет ярче, чем в других, соответственно большей или меньшей способности отражать или пропускать падающий свет.

12. Отсюда же ясна причина того поразительного опыта, о котором м-р Гук сообщает в своей «Микрографии». Если поставить один за другим два прозрачных сосуда с двумя прозрачными жидкостями, синей и красной, то вместе они кажутся совершенно непрозрачными. Один сосуд пропускает только красные, другой только синие лучи, потому через оба вместе не могут пройти никакие лучи.

13. Я мог бы добавить еще много примеров такого рода, но закончу общим заключением, что цвета естественных тел происходят только от различной способности тел отражать одни виды света в ином количестве, чем другие. И это я доказал, отбрасывая простые цвета на тела в темной комнате.

После всего этого нельзя больше спорить о том, существуют ли цвета в темноте и являются ли они свойствами

тел, которые мы видим, или же свет, может быть, является телом.

...Мы видели, что причина цветов находится не в телах, а в свете, поэтому у нас имеется прочное основание считать свет субстанцией... Не так легко, однако, с несомненностью и полно определить, что́ такое свет, почему он преломляется и каким способом или действием он вызывает в нашей душе представление цветов; я не хочу здесь смешивать домыслов с достоверностью».

Такова знаменитая теория Ньютона, только в самом конце содержащая легкий намек на субстанциальность и «телесность» света,— намек, немедленно, однако, прерываемый заявлением о нежелании смешивать достоверность с домыслами. Следует внимательно прочесть эти ясные и необычайно богатые содержанием тезисы молодого Ньютона. В них впервые с полным блеском проявляются особенности несокрушимого научного метода Ньютона.

Призматические опыты Ньютона еще в XVIII в. стали необходимым предметом школьного преподавания и считаются общеизвестными. К сожалению, это не так: вместо фактов и выводов из них в большинстве случаев распространяются упрощенные и просто неверные рассказы. Ньютон, например, вовсе не открывал призматических цветов, как это нередко пишут и особенно говорят: они были известны задолго до него, о них знали Леонардо да Винчи, Галилей и многие другие; стеклянные призмы продавались в XVII в. именно из-за призматических цветов. Опыты Ньютона много тоньше и остроумнее, чем обычно принято излагать, а выводы из них гораздо шире и важнее, чем пишут в учебниках.

Для пояснения экспериментального искусства Ньютона приведем описание нескольких опытов из «Лекций» и «Оптики».

Нам уже приходилось упоминать в главе третьей, что до Ньютона делались попытки связать призматические цвета с большими угловыми размерами Солнца (М. Марци). В «Лекциях» Ньютон, имея в виду такие предположения, подробно описывает опыт с призматическим разложением света Венеры. Свет собирался семифутовым телескопом с отверстием больше двух дюймов. Телескоп давал действительное изображение пла-

неты на расстоянии 7 футов на бумаге. Когда между трубой и бумагой помещалась призма, то изображение звезды вытягивалось в линию больше полдюйма длиною. «То же самое, полагаю,— пишет Ньютон,— должно наблюдаться со звездами первой величины, как, например, от Сириуса, в особенности если применить линзу шириной в 4 или 6 дюймов, пропускающую много лучей». Этот

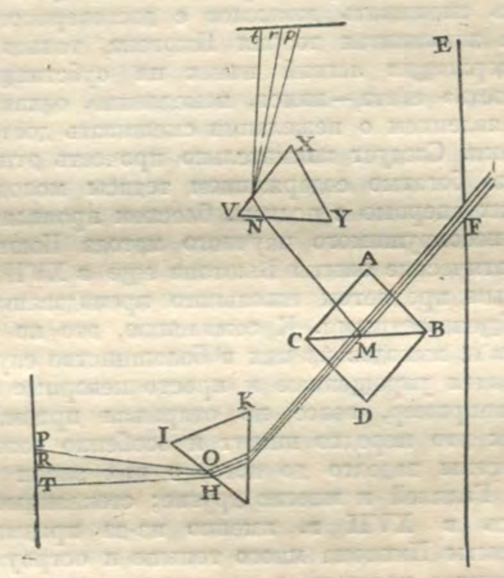


Рис. 15. Схема опыта Ньютона с разделением белого луча на две спектрально взаимно дополняющие части.

Рисунок взят из «Оптики»

опыт решительно полагал конец ряду сомнений, возникающих по поводу опытов Ньютона в связи с конечными угловыми размерами Солнца, и вместе с тем мог бы послужить еще в XVII в. началом астроспектроскопии. К сожалению, астроспектроскопия как систематическая область исследования развилась только во второй половине XIX в.

Для доказательства «предложения», что солнечный свет состоит из лучей разной преломляемости, Ньютон

производит среди прочих следующий опыт, который мы приводим по описанию в «Оптике» (рис. 15): «Я соединил,— пишет Ньютон,— две призмы одинаковой формы вместе, так что оси их и противоположные грани были параллельны и они составляли параллелепипед. Когда солнечный свет светил внутрь моей темной комнаты через малое отверстие в оконной ставне, я поставил этот параллелепипед в пучок света на некотором расстоянии от отверстия в такое положение, что оси призм были перпендикулярны к лучам, падающим на первую грань одной призмы; эти лучи проходили далее через две соприкасающиеся грани обеих призм и выходили из последней грани второй призмы. Так как эта грань параллельна первой грани первой призмы, то выходящий свет параллелен падающему. Далее, за этими двумя призмами я ставил третью, преломлявшую выходящий свет; посредством такого преломления на противоположной стене отбрасывались обычные цвета призмы. Я вращал затем параллелепипед вокруг его оси и нашел, что в том случае, когда соприкасающиеся грани двух призм становились настолько наклонными к падающим лучам, что все лучи начинали от них отражаться, то лучи, претерпевающие в третьей призме наибольшее преломление и освещающие стену фиолетовым и синим светом, исчезали первыми, благодаря полному отражению из проходящего света; остальные же лучи оставались и окрашивали бумагу в свои цвета — зеленый, желтый, оранжевый и красный, как прежде; при дальнейшем вращении двух призм исчезали остальные лучи по порядку, также вследствие полного отражения, соответственно их степеням преломляемости. Следовательно, свет, выходящий из двух призм, слагается из лучей различной преломляемости, в виду того, что более преломляемые лучи могут быть от него отняты, менее же преломляемые остаются. Но этот свет, проходящий только через параллельные поверхности двух призм, если и претерпевает какие-либо изменения на одной поверхности вследствие преломления, то теряет их при обратном преломлении на другой поверхности и, восстанавливаясь таким образом в своем первоначальном строении, приобретает ту же природу и свойства, как вначале, до падения на призму: поэтому и до падения свет

также был составлен из лучей различной преломляемости, как и после».

Этот изящный опыт Ньютона дает удобный прием разделения солнечного света на две половины — с более преломляемыми и менее преломляемыми лучами. Метод Ньютона может быть применен для построения светофильтров; для этой цели он применен с полным успехом

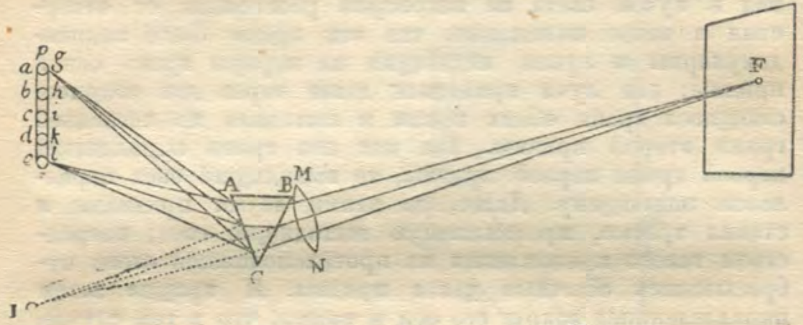


Рис. 16. Схема спектральной установки Ньютона.
Рисунок взят из «Оптики»

Е. М. Брумбергом у нас и позднее Регенером в Германии[17].

Ньютон подробно и критически разбирает в «Оптике» вопрос о чистоте спектра и о способах получения однородных цветов; он описывает в конце концов установку, которая является не чем иным, как коллиматорной трубой спектроскопа Фраунгофера: «На фигуре (рис. 16) *F* есть круглое отверстие в оконной ставне, *MN* — линза, отбрасывающая отчетливое изображение *I*, *ACB* — призма, посредством которой лучи, выходящие из линзы, преломляются из *I* в *pt*, круглое изображение *I* превращается в удлиненное изображение *pt*, падающее на другую бумагу. Это изображение состоит из кругов, расположенных один за другим в прямолинейном порядке; эти круги равны кругу *I* и соответствуют, следовательно, по величине отверстию *F*; уменьшая отверстие, можно поэтому сколь-угодно уменьшить эти круги, оставляя их центры на местах. Таким способом я получал ширину изображения в сорок раз, а иногда в шестьдесят

и семьдесят раз меньше, чем длину... Однако вместо круглого отверстия F лучше брать удлиненное отверстие, имеющее форму, подобную длинному параллелограмму, длина которого параллельна призме ACB; ибо если это отверстие будет длиною один или два дюйма и шириною только в одну десятую или двенадцатую часть дюйма или еще уже, то свет изображения pt будет столь же простым, как и прежде, или еще проще, изображение же станет

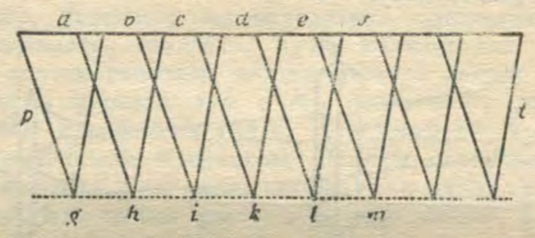


Рис. 17. Схема спектра, образуемого при треугольной щели.

Рисунок взят из «Оптики»

значительно шире и, следовательно, более пригодно для опытов, чем прежде.

Вместо такого параллелограмма можно взять треугольное отверстие с равными сторонами, с основанием, например, около десятой части дюйма, с высотою в дюйм или более. Если ось призмы будет параллельной перпендикуляру треугольника, то таким способом изображение pt (рис. 17) будет образовано из равносторонних треугольников. Эти треугольники немного перемешаны у оснований, но не смешиваются у вершин, и поэтому свет на более ярком краю изображения, где расположены основания треугольников, несколько смешан, на темном же краю он совершенно не смешан, и во всех местах между краями изображения смешанность пропорциональна расстояниям этих мест от темного края».

После чтения этой страницы приходится удивляться, почему темные линии на солнечном спектре обнаружены впервые Волластоном и Фраунгофером в начале XIX в., а не Ньютоном в XVII в.?

С точки зрения нормального развития науки это обстоятельство может быть не столь печально. Такие явле-

ния, как флуоресценция и темные линии в солнечном спектре, должны были в то время казаться резким противоречием ясным выводам Ньютона и, возможно, послужили бы помехой для признания взглядов Ньютона и нормального их развития. Многие этапы истории науки сопровождались сознательным закрыванием глаз до поры до времени на группы фактов и целые области явлений, усложняющих задачу.

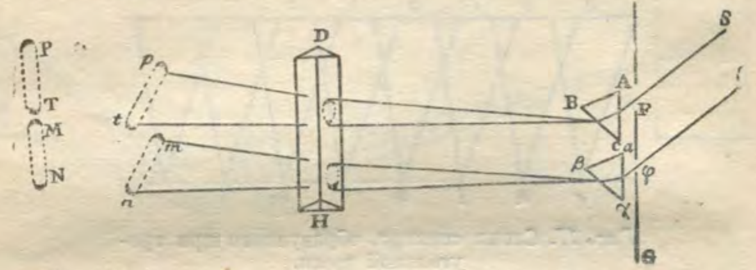


Рис. 18. Схема опыта Ньютона со скрещенными призмами. Рисунок взят из «Оптики»

Для доказательства сложности состава солнечного света из лучей разной преломляемости Ньютон описывает, между прочим, такой опыт.

«Я пропускал солнечный свет в темную комнату через два малых круглых отверстия *F* и φ (рис. 18), сделанных в окне, и две параллельные призмы *ABC* и αβγ, помещенные около отверстий (рядом); они преломляли два пучка света к противоположной стене комнаты таким образом, что два спектра *PT* и *MN*, отбрасываемые на стене, соприкасались концами и лежали на одной прямой, причем красный конец *T* одного изображения прикасался к синему концу *M* другого. Если поместить третью призму *DN* на-крест к двум первым, то два преломленных луча преломлялись в сторону; спектры *pt* и *mn* не лежат уже на одной прямой линии, соприкасаясь концами, как прежде, но расходятся один от другого и становятся параллельными».

Метод скрещенных призм, придуманный Ньютоном, постоянно применяется оптиками и поныне. Таким образом Стокс исследовал спектры флуоресценции, Кундт так

называемую аномальную дисперсию, Вуд спектры поглощения и т. д.

«Анатомия белого света», по словам Фонтенелля, произведенная Ньютоном, провела в итоге резкую грань между ощущением цветности и понятием о простом монохроматическом свете. Бесконечно разнообразные комбинации различных простых монохроматических лучей могут вызывать одни и те же цветовые ощущения; следовательно, цветность не определяет однозначно простоту или сложность светового луча. Ньютон для построения своей «математической теории цветов» связал однозначно физически простой луч с его показателем преломления в данной прозрачной среде. Цветность стала вторичным физиологическим признаком. Ньютон осторожно говорит не о красных или синих лучах, а о лучах, «создающих красный или синий цвет», или, еще точнее, о лучах менее и более преломляемых.

Привычная аналогия звука и света в этом пункте рушится. Звуку определенного тона, хотя бы осложненному примесью других тонов, но менее сильных, всегда соответствует одно и то же физическое состояние (частота звуковых колебаний), к данному же цвету может относиться бесконечное многообразие физических состояний. По отношению к чистым спектральным цветам, однако, аналогия звука и света остается в силе, и Ньютон пытался даже установить количественное сходство между длинами участков, занимаемых интервалами музыкальной гаммы в пределах октавы. Ньютон, видимо, высоко ценил эту музыкально-оптическую аналогию; впервые мы встречаемся с ней в «Лекциях», через 35 лет в «Оптике» она повторяется снова. В «Лекциях» Ньютон несколько намекает на мотивы этой аналогии: «Я считаю такое распределение лучшим,— говорит он о музыкальном разделении,— не потому, что оно лучше всего соответствует явлениям, но потому, что, может быть, в нем содержится нечто от гармонии цветов (о которой знают художники, но о которой сам я не имею достаточно определенного суждения), подобной, может быть, созвучию тонов. Посему правдоподобным кажется сходство между крайним пурпуром (т. е. фиолетовым) и краснотой,—концами цветов—и между концами октавы (каковая может почитаться унисоном)». Говоря далее

о количественных измерениях преломлений, относящихся к границам цветов в спектре, Ньютон скептически замечает: «Впрочем эти определения не строго геометрические и точны только приближенно, насколько этого требуют практические дела; трудиться над этим больше значило бы, помимо скучных расчетов, потворствовать пустому любопытству». Отсюда вероятно, что Ньютон смотрел на музыкально-оптическую аналогию в лучшем случае только как на эмпирическую зависимость. В этой аналогии примечательно, пожалуй, только то, что и на самом деле видимый спектр занимает приблизительно одну октаву световых колебаний (частота крайнего красного цвета в спектре приблизительно вдвое меньше частоты колебаний крайних фиолетовых видимых лучей). Перед нами один из нередких в истории науки фактов, когда из явно ложных предпосылок получаются следствия, количественно подтверждаемые фактами.

Гипноз аналогии между цветами видимого спектра и музыкальными интервалами послужил, повидимому, одной из главных причин другого ошибочного утверждения Ньютона, которое имело роковые последствия. По его мнению, спектры, полученные от призм из любого прозрачного вещества, имеют одну и ту же длину, если только преломляющие углы призм одинаковы и преломление среднего луча спектра одинаково. Призма может быть из разных сортов стекла, из воды и прочих веществ с различными показателями преломления, но всегда при надлежащем выборе условий опыта должен получиться спектр одной и той же длины, причем различные цветные участки будут простираться на одно и то же пространство. Математически это утверждение Ньютона можно выразить такой формулой дисперсии:

$$n = A + \varphi(\lambda), \qquad (1)$$

где n — показатель преломления для данного цвета, характеризуемого переменной λ (длина волны света в волновой теории), A — постоянная величина, не зависящая от λ, но меняющаяся от вещества к веществу, $\varphi(\lambda)$ — некоторая функция λ по утверждению Ньютона, от природы вещества не зависящая и определяемая сказанной музы-

кально-оптической аналогией. В действительности для большинства прозрачных бесцветных веществ для видимой части спектра $\varphi(\lambda)$ меняется в зависимости от природы вещества, и показатель преломления можно выразить формулой, впервые выведенной Коши в первой половине XIX в.:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \ldots, \tag{2}$$

где A, B, C,...— постоянные, меняющиеся от вещества к веществу. Трудно понять, каким образом Ньютон на опыте не заметил неправильности своего утверждения. Измерения Ньютона всегда отличались тщательностью и точностью, работал он со многими стеклянными призмами, а также с водяной призмой. Единственное объяснение экспериментальной неудачи Ньютона в этом направлении — роковое стечение случайностей. Все стеклянные призмы его мало отличались, повидимому, по сорту стекла, к дождевой же воде, употреблявшейся в водяной призме, Ньютон, по некоторым сведениям, прибавлял «для просветления» большое количество свинцового сахара, который частично растворялся, увеличивая таким образом плотность жидкости. По дисперсионной формуле (1) Ньютон заключал о невозможности ахроматизации линз и, следовательно, о безнадежности попыток конструировать оптические системы, лишенные хроматической аберрации. В своем ошибочном утверждении Ньютон был упорен. Через 4 года после опубликования его первого сообщения льежский физик Люкас в письме в Королевское Общество сообщал о своих повторениях опытов Ньютона. Опыты были выполнены тщательно и в общем подтверждали все основные выводы Ньютона. Существенным отличием была, однако, следующая количественная разница. У Ньютона при работе с призмой в 63° 12′ длина спектра всегда была в 5 раз больше ширины, у Люкаса от призмы в 60° длина спектра получилась только в 3 или $3^1/_2$ раза больше ширины. В своем ответе Люкасу Ньютон пытается объяснить разницу небольшим различием преломляющих углов своей призмы и призмы Люкаса, а также предполагает, что Люкас, быть может, не совсем точно отметил темные концы спектра. Эти замечания, конечно, не могли исчерпать

значительной разницы длины спектров, наблюдавшейся на опыте, и Люкас несомненно работал с призмой из другого сорта стекла, чем Ньютон. Мнение последнего было, однако, вполне определенно и упорно: «Я знаю,— говорит он,— что наблюдения у Люкаса не могут остаться теми же, если преломляющий угол призмы 60°, день ясный, измеряется полная длина цветов и ширина изображения соответствует солнечному диаметру. Я твердо убежден в верности и точности моих собственных наблюдений». Трудно указать какие-либо теоретические основания предвзятого мнения Ньютона, кроме приведенной выше музыкально-оптической аналогии. К вопросу о дисперсии он больше не возвращался, повторяя во всех изданиях «Оптики», вышедших при его жизни, прежние опыты и придерживаясь прежнего мнения.

Вскоре после смерти сэра Исаака, в 1729 г., Люр Холл построил, однако, первый ахроматический телескоп-рефрактор, соединив в объективе выпуклую и вогнутую линзы из различных сортов стекла и опровергнув таким образом воззрение Ньютона. Совершенно неизвестно, каким способом Холл дошел до своего изобретения. Во всяком случае его стекла были отшлифованы таким образом, что одновременно вносилась поправка на сферическую и хроматическую аберрации. Холл не опубликовал своего открытия, и оно осталось безрезультатным для развития как физики, так и астрономии.

Теоретическим противником Ньютона по вопросу о дисперсии в XVIII в. выступил петербургский академик Леонард Эйлер. Он основывался на неверном заключении о якобы отсутствующей хроматической аберрации в человеческом глазу и предложил новую формулу дисперсии. По этой формуле дисперсия различна у разных материалов, и потому возможно подыскать линзы из таких стекол, у которых хроматические ошибки взаимно компенсируются. Собственные опыты Эйлера к успеху не привели, но английскому оптику Доллонду в 1757 г. удалось из комбинации выпуклой линзы из тяжелого стекла (флинтгласа) и вогнутой из легкого (кронгласа) построить объектив с очень малой хроматической аберрацией. После успеха Доллонда Эйлер предложил многочисленные ахроматические сочетания для различных оптических инстру-

ментов, и ньютоновское утверждение о невозможности создания ахроматической преломляющей оптики было окончательно опровергнуто.

Ньютон безукоризненно доказывал, что для данного вещества существуют лучи света различной преломляемости, причем между преломляемостью и цветностью имеется определенная связь. Однако для объяснения причины различной дисперсии у Ньютона не было достаточной теоретической почвы.

Принципиальное разрешение проблема дисперсии получила только с тех пор, когда окончательно укоренилась волновая теория света и возникла мысль о том, что вещество содержит в себе «резонаторы», отвечающие своими колебаниями на световые волны точно так же, как колокол начинает гудеть и колебаться при звоне на соседней колокольне. Резонатор характеризуется «собственными колебаниями», определяющимися его свойствами, упругостью и инерцией, подобно тому, как период собственных колебаний маятника определяется его длиной и ускорением силы тяжести. Если свет распространяется через среду с такими резонаторами, то фазовая скорость его изменяется в зависимости от соотношения между длиной волны λ света и длиной волны λ_0 соответствующей собственным колебаниям резонатора. Селльмейер в середине прошлого века впервые точно решил эту задачу и получил такое выражение для отношения скоростей света в пространстве и в теле, т. е. для показателя преломления:

$$n^2 = 1 + \frac{D\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2},$$

где n — показатель преломления, D — постоянная, пропорциональная числу резонаторов в единице объема, λ — длина волны падающего света (характеризующая цветность), λ_0 — собственная длина волны резонатора. Эта формула в общем прекрасно согласуется с опытом (за исключением области спектра, непосредственно примыкающей к λ_0) и в основных чертах сохранила свое значение и до нашего времени. Самым удивительным ее следствием, подтвердившимся на опыте, является необходимость существования в теле так называемой аномальной дисперсии, при

которой обычное чередование цветов в спектре нарушается (например, фиолетовый цвет может поместиться между зеленым и синим). Для некоторых родов света данное вещество по формуле (2) должно обладать показателем преломления меньшим 1, что также подтвердилось для лучей Рентгена. Падая из пустого пространства на стекло, как показал А. Комптон, эти лучи могут испытывать полное отражение. Все эти выводы вытекают из представлений о резонансе между световыми колебаниями и частицами вещества. Во времена Ньютона волновая теория только зарождалась и оставалась еще в очень неконкретной форме; сам Ньютон, как увидим, отдавая должное волновой теории, относился к ней скорее отрицательно, чем благожелательно.





ГЛАВА ШЕСТАЯ

Полемика Ньютона с Гуком и другими по поводу оптических работ. Гипотеза Ньютона о свете

(1672–1675)

Телескоп-рефлектор Ньютона предстал перед тогдашним ученым миром как совершившийся факт. Имелся готовый инструмент, более или менее совершенный, и спорить можно было только о приоритете, целесообразности и изменении деталей. Споры эти скоро заглохли. Иначе было встречено опубликование «Новой теории света и цветов», являвшейся до некоторой степени предпосылкой отражательного телескопа. Мысль о сложности белого света, открытие простых цветов, резкое разграничение физиологической и физической цветности и, наконец, неразрывная связь степени преломляемости с цветом были утверждениями совсем новыми и неожиданными для современников Ньютона. Неизбежная умственная инерция при усвоении нового воззрения сопровождалась длительной и ожесточенной борьбой. При получении мемуара Ньютона Королевское Общество избрало комиссию из трех лиц: астронома Сет Уорда, Бойля и Гука, для рассмотрения присланной рукописи. Через несколько дней Гук прислал свой, подробно мотивированный отзыв. Гук в дальнейшем имел важное значение в жизни Ньютона как его непременный критик и оппонент, и жизнеописание Ньютона немыслимо без некоторых сведений об этом замечательном человеке.

Роберт Гук, сын пастора, родился в 1635 г. и умер в 1703 г.; учился он в Оксфордском университете, спе-

циализировавшись по астрономии у Сет Уорда, и несколько лет работал вместе с Бойлем, помогая ему в знаменитых исследованиях над сжимаемостью воздуха. С 1663 года Гука пригласили «экспериментатором» в Королевское Общество. Его обязанностью было подготовлять и демонстрировать на заседаниях Общества различные опыты, как свои собственные, так и повторение и проверку опытов других лиц. Демонстрации Гука составляли основу заседаний Общества, без них Общество едва ли получило бы такую известность. По словам нового биографа Гука, не будет преувеличением назвать Гука фактическим создателем Общества.

Гук был физиком, химиком, астрономом и вместе с тем одаренным архитектором, по его проектам в Лондоне построен ряд домов, учреждений и церквей (в том числе знаменитая больница Бедлама). Это был человек с оригинальной фантазией и изобретательностью. Живость ума, связанная с крайней неустойчивостью характера, отсутствием выдержки и настойчивости и болезненным самолюбием, была поистине роковой для Гука. Почти ни одно его изобретение, ни одна идея, ни один опыт не доводились до конца, а бросались на полдороге. Возникали непрерывные недоразумения, обиды, зависть, споры из-за приоритета, заполнявшие жизнь Гука. Почти всякий талантливый ученый современник становился врагом Гука, потому что деятельность Гука в науке и технике была столь разносторонней, что постоянно приходилось затрагивать вопросы, так или иначе им изучавшиеся; поэтому разгорались споры о приоритете и даже плагиате. Постоянная торопливость в работе и незнакомство с литературой нередко приводили Гука к открытию уже известных фактов. Некоторые биографы, повторяя ошибку самого Гука, обвиняли последнего в сознательном плагиате. Оснований для этого мало. Гук был настолько талантлив и разносторонен, что не приходится сомневаться в оригинальности и самостоятельности большинства его опытов, идей и изобретений.

Перу Гука принадлежит классическая «Микрография» (1665), занимающая важное место в истории физической оптики и микроскопии. С его именем связано первое обстоятельное изучение цветов тонких пластинок, причем он дал этому явлению толкование с точки зрения волновой

теории света. Гук объяснял различные взаимодействия световых волн при встрече различием наклона поверхностей волн к направлению лучей. Понятия длины волны и фазы ему еще не были известны. Независимо от Гримальди, хотя и позднее его, Гук открыл явление диффракции, искривления света при прохождении его около острого края экрана (бритвы). Гуку принадлежат первые эскизы теории тяготения и теории горения, напоминающей современную; им впервые описано клеточное строение растений, он автор «закона Гука» в теории упругости, им введена температура замерзания воды в качестве основной термометрической точки.

Из числа многочисленных изобретений Гука можно назвать пружинные часы, ареометр, проекционный фонарь, приборы для исследования дна моря, минимальный термометр, дождемер и т. д.

В 1935 г. издан большой дневник Гука, охватывающий восемнадцать лет (1662–1680). Дневник состоит из очень кратких записей, по которым, однако, можно судить о разнообразии занятий и интересов Гука и об огромном обществе, в котором он вращался. Общительность Гука отразилась хотя бы в том, что в его дневнике упоминается свыше сотни кофеен и трактиров, посещавшихся им.

Ясно, что по складу своего ума, жизни и характеру Гук был прямым антиподом настойчивому, замкнутому, терпеливому Ньютону, с его исключительной выдержкой, способностью проводить работу до конца и выжидать публикации работ целыми десятилетиями, математически точным умом и щепетильной аккуратностью в эксперименте. Судьба свела две эти противоположные натуры в Королевском Обществе, и столкновение было неизбежным.

В своем отзыве о мемуаре Ньютона Гук отдает в нескольких строках должное тщательности и изяществу опытов Ньютона и соглашается с их правильностью. Он возражает, однако, против того, что гипотеза, извлекаемая Ньютоном из опытов, правильна и во всяком случае единственна. По мнению Гука, опыты Ньютона объясняются его собственной волновой теорией. Он не согласен с тем, что цвет является неотделимым, первоначальным свойством лучей. Утверждать, что все цвета содержатся как таковые в простом световом луче, было бы, по словам Гука, то

же самое, что говорить о наличии всех звуковых тонов в воздухе, заключающемся в органных мехах или в струне, из которой они добываются нажимами и ударами. Разложение белого света в призме вызывается, по Гуку, возмущением простого волнового движения в призме.

Замечания Гука, высказанные в краткой и мало обоснованной форме, содержали одно очень важное и верное возражение по поводу выводов Ньютона, ставшее понятным и общепринятым только два века спустя. Можно ли считать вполне несомненным, как это полагал Ньютон, и однозначно вытекающим из опыта, что белый свет Солнца или других светящихся тел есть механическая смесь бесконечного числа простых цветов, слагающихся в нечто целое только в глазу? Ответ, вопреки Ньютону, оказывается, в значительной мере зависит от того, какое предположение сделать относительно природы света. Если смотреть на свет как на поток частиц, извергаемых по всем направлениям светящимся телом (эмиссионная теория), то разные цвета могут соответствовать только разным световым частицам, и белый свет возникает только при одновременном действии разных частиц,—он будет смесью цветов спектра. Иначе ставится вопрос в волновой теории света. Имеется ли необходимость рассматривать белый свет как смесь «правильных» гармонических колебаний, или же эти правильные колебания возникают как результат разложения некоторого сложного волнового движения (импульса), соответствующего белому свету? Шум, получающийся при ударе палкой по барабану, конечно, не чистый музыкальный гармонический звук, но, попадая на струны открытого рояля, он заставляет резонировать отдельные струны и таким способом разлагается на чистые тона. Наоборот, всякий шум можно искусственно воспроизвести, заставляя одновременно звучать много инструментов с чистыми тонами. В восьмидесятых годах прошлого века почти одновременно появились работы Гуи, Рэлея, Шустера и др., показавших, что белый свет с точки зрения волновой теории с одинаковым правом можно рассматривать либо как сумму простых гармонических колебаний (цвета спектра), либо как сложное движение, которое призмой-«анализатором» разлагается на гармонические колебания. В то время (очень недавнее) рациональнее было

думать, что белый свет Солнца и других источников является естественным «шумом», а не искусственным созвучием чистых «тонов» и, стало быть, Гук был ближе к истине, чем Ньютон.

Но с тех пор как выяснилась квантовая природа света, воззрение Ньютона получило снова некоторые права на существование. Энергия света сосредоточена, по нашим современным представлениям, в монохроматических центрах — световых квантах, или фотонах. Энергия каждого такого фотона всегда равна $h\nu$, где ν — монохроматическая частота световых колебаний (т. е. число колебаний в одну секунду) и h — постоянная величина, равная $6{,}62 \cdot 10^{-27}$. Белый свет — непрерывный спектр — есть сумма, смесь фотонов со всевозможными частотами. На первый взгляд кажется, что такое утверждение внутренне противоречиво. В самом деле, если каждый фотон имеет конечную энергию, то каким же образом из таких фотонов может сложиться непрерывный спектр со всевозможными частотами, число которых бесконечно? Решение этого парадокса состоит в следующем. Если бы можно было наблюдать свет от очень маленькой излучающей площадки и в течение достаточно короткого времени, то спектр представился бы нам состоящим из отдельных линий и полос. По причинам, связанным главным образом с волновыми свойствами света, эти линии не могут быть бесконечно тонкими. Кроме того, в случае белого света вид спектра должен быстро и беспорядочно меняться. Таким образом, то, что называется белым светом или непрерывным спектром, в действительности есть статистическое среднее прерывных спектров, состав которых беспорядочно меняется во времени.

Ньютон ответил Гуку только через полгода. Ответ был написан с большим полемическим мастерством, и Ньютону пришлось высказаться по очень важным вопросам. Он сумел использовать все малообоснованные положения Гука и искусно обойти существенное. Ньютон высказывает свое отношение к волновой теории света, подчеркивая ее преимущества и указывая одновременно основной, по его мнению, недостаток. Тут же впервые им дается эскиз компромиссной теории, соединяющей достоинства корпускулярной и волновой гипотез.

«Справедливо,— говорит Ньютон,— что я заключаю из моей теории о телесности света, но я делаю это без всякой абсолютной определенности, что и указывается словом «может быть». Это заключение в крайнем случае только очень вероятное следствие моей доктрины, а не основная предпосылка.

...Положим даже, что я упорно настаиваю на этой гипотезе; и в этом случае я все же не понимаю, почему мой противник так возражает против нее: эта гипотеза значительно ближе к его собственной, чем он думает. Колебания эфира одинаково полезны и нужны и в той и в другой. Ибо, если мы предположим, что световые лучи состоят из маленьких частиц, выбрасываемых по всем направлениям светящимся телом, то эти частицы, попадая на преломляющие или отражающие поверхности, должны возбудить в эфире колебания столь же неизбежно, как камень, брошенный в воду. Если мы предположим, что эти колебания имеют различную ширину или толщину в зависимости от того, какой величины или скорости были телесные лучи, их возбудившие, то польза таких колебаний для объяснения отражения и преломления света, образования тепла солнечными лучами, излучения света накаленными, гниющими и прочими веществами, частицы которых находятся в сильном движении, для объяснения явлений цветов тонких прозрачных пленок и мыльных пузырей и всех других естественных тел, для объяснения зрения, различных цветов, их гармонии и дисгармонии не ускользнет от внимания тех, которые считают целесообразным затратить труд на применение гипотезы к объяснению явлений.

...Колеблющиеся частицы светящегося тела возбуждают в зависимости от их различных величин, формы и движений колебания в эфире различной глубины или толщины. (Как видно из дальнейшего, Ньютон называет глубиной или толщиной колебания то, что принято называть длиной волны.— *С. В.*) Если такие колебания, не разделяясь, проходят через среду в наш глаз, то они возбуждают ощущение белого света, если же каким-либо способом они отделяются друг от друга, соответственно их неравным величинам, то они вызывают ощущение различных цветов; самые большие колебания вызовут ощущение крас-

ного, самые малые, или короткие, глубокий фиолетовый, промежуточные же колебания вызовут промежуточные цвета. Естественно предположить, что наибольшие колебания наиболее приспособлены для преодоления сопротивления преломляющих поверхностей; поэтому они проходят с наименьшим преломлением. Таким образом из гипотезы само собой вытекает различное преломление различных цветов». Упомянув мимоходом об этом гипотетическом объяснении дисперсии, Ньютон переходит затем к объяснению цветов тонких пластинок: «Согласно этой гипотезе,—говорит он,—ясно без дальнейшего, что только от толщины тонкой прозрачной пленки или мыльного пузыря будет зависеть то, отразится ли колебание от задней поверхности пленки, или пройдет наружу, так что соответственно различным толщинам пленки будут пропускаться или отражаться различные цвета. Колебания, вызывающие синий и фиолетовый цвета, короче тех, которые вызывают красный или желтый; поэтому они и должны отражаться при меньшей толщине пленки и т. д...

Мне кажется, что все это—ясные, первоначальные и необходимые следствия гипотезы, и они столь хорошо согласуются с моей теорией, что если мой противник считает их верными, то он не должен бояться крушения своей гипотезы. Я не знаю, однако, каким образом он может защищать свою гипотезу против других затруднений. По моему мнению, не возможно его основное положение о том, что волны или колебания какой-либо жидкости распространяются по прямым линиям, не загибаясь и не распространяясь по тем направлениям в покоящейся среде, которой они ограничены. Или я глубоко заблуждаюсь, или опыт и наблюдение приводят к обратному выводу».

За Ньютоном укоренилась считавшаяся, по крайней мере в XIX веке, «худой» слава создателя и ярого защитника корпускулярной, или эмиссионной теории света. Приведенные слова Ньютона красноречиво доказывают, что едва ли среди современников Ньютона, не исключая Гюйгенса и Гука, были физики, столь ясно представлявшие себе всю пользу волновой теории и ее основные черты. Основное возражение Ньютона против волновой теории, которое мы привели в конце, сводящееся к невозможности

объяснить прямолинейное распространение света, удалось устранить только Френелю спустя 150 лет при помощи принципа интерференции. Гюйгенс объяснил прямолинейность распространения света на основании теории волн явно ошибочно. Ньютон выступает с компромиссной гипотезой, пользуясь преимуществами эмиссионного и волнового воззрения. Дальше мы увидим, какую эволюцию испытали эти первоначальные взгляды Ньютона.

Почти одновременно с Гуком критиками теории Ньютона выступили другие оппоненты: Гюйгенс, иезуиты Пардис, Линус и другие. Гюйгенс безуспешно пытался защищать возможность составления белого света из желтого и синего. Возражения Пардиса основывались на пресловутых конечных размерах солнечного диска, о которых уже пришлось говорить ранее; Линус неумело повторял опыты Ньютона.

На ряду с явными критиками были и скрытые. Флэмстид, имевший звание «королевского астронома» (о нем нам придется еще неоднократно говорить), в письме к Коллинсу выражал сомнение в правильности выводов Ньютона. Но были, конечно, и лица, вполне понявшие и оценившие работу Ньютона. Джемс Грегори писал Коллинсу: «Я был крайне поражен опытами мистера Ньютона; они, по всей видимости, вызовут великие перемены во всей системе натуральной философии, если только факты верны, в чем я не сомневаюсь».

Ньютон втягивался в полемику, приходилось писать длинные письма критикам, проходившие через руки секретаря Королевского Общества Ольденбурга. Ньютона раздражали необоснованные возражения, оскорбляла квалификация его выводов как гипотезы — слово, которого он не выносил. «Вы знаете,— писал он Ольденбургу,— что истинный метод открывать свойства вещей—вывод их из опыта. Я говорил Вам уже, что моя теория доказательна для меня... не только потому, что опровергаются все другие, противоположные предположения, но потому, что она вытекает из положительных и прямо решающих опытов».

Отвечая второй раз иезуиту Пардису через Ольденбурга, Ньютон снова раздражительно повторял: «Я прежде всего замечу, что учение мое о преломлении света и цветах состоит единственно в установлении

некоторых свойств света без всяких гипотез о его происхождении.

Ведь самым лучшим и надежным методом в исследовании природы служит прежде всего открытие и установление опытами свойств этих явлений, а гипотезы относительно их возникновения можно отложить на второй план. Эти гипотезы должны подчиняться природе явлений, а не пытаться подчинять ее себе, минуя опытные доказательства. И если кто создает гипотезу только потому, что она возможна, я не вижу, как можно в любой науке установить что-либо с точностью: ведь можно придумывать все новые и новые гипотезы, порождающие новые затруднения».

Далее Ньютон повторяет то, что до него заявлял еще его учитель Барроу в «Лекциях по оптике»: «Я считаю светом какую угодно сущность или силу (будь то вещество или какая угодно сила этого вещества, действие или качество), которая, исходя по прямым от светящегося тела, дает возможность зрения».

Но все эти попытки забронироваться непререкаемым опытом и математикой не спасали Ньютона от новых возражений и дальнейшей полемики.

Критики прибегали к неизбежному аргументу о конечных размерах солнечного диска (Пардис), о влиянии облаков на опыты и измерения Ньютона (Линус), и в большинстве случаев плохо и небрежно повторяли его опыты, что приходилось длинно разъяснять и исправлять.

Ньютон все больше убеждался в своем превосходстве в умении экспериментировать. Этим, повидимому, приходится объяснить, что он не обратил должного внимания и на опыты Люкаса из Льежа, отличавшиеся от других как тщательностью, так и инициативой.

О жизни Ньютона в рассматриваемые годы (1672—1676) дошли только отрывочные сведения. Занятия его были очень разносторонними. Помимо чтения лекций по оптике, Ньютон составил добавления к переводу распространенной алгебры Кингейзена, читал лекции по географии, в связи с чем издал с собственным добавлением курс географии Варениуса[18]. К сожалению, до сего времени характер и степень обработки, произведенной Ньютоном при издании этой известной книги, повидимому совсем не

изучены. Известно только по сохранившемуся каталогу библиотеки Ньютона, что он многое читал по географии, в частности и по географии России.

Весной 1673 г. Ньютон выступил одним из кандидатов на кафедру гражданского права в Тринити колледже (low-fellowship), но предпочтение (по соображениям специализации) было отдано другому кандидату. Повидимому, в виду истечения по нормальным правилам членства в колледже в 1675 г., Ньютон таким способом пытался закрепить за собой место.

Сохранилось несколько писем Ньютона, относящихся к периоду 1672—1675 гг., свидетельствующих о его раздражительности и подавленном настроении в это время. В письме к Ольденбургу от 8 марта 1673 г. Ньютон обращается к секретарю Королевского Общества со странной просьбой вычеркнуть его из списков членов; мотивируется эта просьба бесполезностью пребывания в Обществе и невозможностью посещать его заседания за дальностью расстояния между Лондоном и Кембриджем. К счастью для Общества, Ольденбург сумел отговорить Ньютона от его намерения, причем спустя два года Ньютон был освобожден от обязательного ежемесячного членского взноса в 1 шиллинг. В следующем письме от 23 июня 1673 г. Ньютон пишет Ольденбургу, что не желает больше заниматься естественными науками и отказывается отвечать на критические статьи и письма.

В январе 1676 г. он в письме к Ольденбургу ссылается на какие-то дела, возложенные на него недавно друзьями, а также на личные дела, «занимающие в настоящее время все мои мысли и все мое время». Эти дела, отвлекавшие Ньютона, остались невыясненными; возможно, что дело идет о химических занятиях и опытах Ньютона, к которым придется вернуться позднее.

18 ноября 1676 г. Ньютон снова пишет Ольденбургу: «...Я вижу, что сделался рабом философии. Когда я освобожусь от дела мистера Люкаса, я решительно и навсегда распрощусь с философией за исключением работы для себя и того, что я оставлю для опубликования после смерти; я убедился, что либо не следует сообщать ничего нового, либо придется тратить все силы на защиту своего открытия».

Трудно указать подлинные причины этих странных настроений Ньютона. Критические нападки в худшем случае отнимали у него время, отвлекая от текущей работы. Во всех спорах Ньютон неизбежно выходил победителем, даже в тех случаях, когда он был не совсем прав; авторитет его в этой борьбе и спорах только возрастал. Сама по себе длительная и живая полемика в течение четырех лет была доказательством большого интереса к исследованиям Ньютона. При таких условиях угнетенное, раздражительное состояние Ньютона должно было вызываться какими-то другими причинами, оставшимися до сих пор неизвестными.

В эти годы, впрочем, Ньютон не прекращал теоретической и экспериментальной работы. Продолжались опыты со светом; Ньютон приступил к изучению цветов тонких пластинок и явления диффракции и разрабатывал анализ бесконечно малых. Коллинс, бывший добровольным посредником между учеными и выполнявший своеобразную роль научной газеты, 19 октября 1675 г. писал Грегори, что он уже около года не говорил с Ньютоном и не видал его, так как не хотел мешать ему в его химических изысканиях и опытах; при этом Коллинс почему-то замечает, что математические спекуляции кажутся Барроу и Ньютону в конце концов сухими и бесплодными.

В конце 1675 г. Ньютон прислал в Королевское Общество обширный мемуар под длинным заглавием: «Теория света и цветов, заключающая гипотезу объяснения свойств света, изложенных автором в предыдущих мемуарах, а также описание наиболее существенных явлений различных цветов тонких пластин и мыльных пузырей, равным образом зависящих от ранее характеризованных свойств света». Поводом к возникновению этого мемуара, стоящего особняком в писаниях Ньютона, послужили, повидимому, новые исследования Гука над цветами тонких пластинок и явлениями огибания света при прохождении мимо острого края экрана (бритвы). Длинный мемуар Ньютона читался в нескольких заседаниях Общества.

В сопроводительном письме к Ольденбургу Ньютон объясняет, почему он решился опубликовать свою гипотезу: «Я предполагал ранее не опубликовывать никогда никаких гипотез о свете и цветах, опасаясь быть вовлеченным

в бесполезные пререкания. Надеюсь, однако, что мое намерение не отвечать на возражения, публично заявленное, делает излишними мои опасения. Я полагал, что подобная гипотеза сделает значительно нагляднее тот мемуар, который я Вам обещал; как раз на этой неделе у меня было свободное время, и я не удержался, добавив гипотезу, наскоро собрав свои мысли, не заботясь о том, будут ли их считать вероятными или невероятными. Из плохого почерка и поправок вы увидите, что я писал наскоро и не имел времени переписать мемуар».

В тексте самого мемуара Ньютон неоднократно и настойчиво подчеркивает, что считает предлагаемую гипотезу для себя необязательной. Основные черты этой гипотезы Ньютон уже приводил в своем ответе на возражения Гука, о котором говорилось выше. Снова выдвигалось компромиссное предположение, в котором сливаются преимущества волновой и эмиссионной теорий. Световые частицы возбуждают колебания в эфире, находящемся в веществе и около него. Ньютон довольно подробно развивает свое представление об эфире: «Мы предполагаем, что эфир подобен воздуху, только более тонок и упруг; он не однороден и состоит из некоторой грубой материи и различных эфирных жидкостей; эта неоднородность следует, повидимому, из наличия электрических и магнитных истечений тел и из существования начала тяжести». Ньютон описывает некоторые свои электростатические опыты и заключает, что он не может себе представить вызываемых при этом движений иначе как при помощи испаряющейся и вновь конденсирующейся эфирной материи. Подобным же образом сила притяжения Земли истолковывается постоянной конденсацией некоторой эфирной жидкости на Земле. Возникающие вследствие этого эфирные потоки по направлению к Земле прижимают тела к Земле с силой, пропорциональной поверхности этих тел. «Солнце подобно Земле может также всасывать эту субстанцию, сохраняя таким образом способность светиться и препятствуя планетам удаляться от него»[19]. Эфир, однако, проникает во все тела не беспрепятственно; поэтому в телах он менее плотен, чем в окружающем пространстве, и в одних телах плотнее, чем в других. Ньютон указывает на возможность объяснения при помощи эфира сцепления, упругости, мускульных

движений, отмечая, однако, затруднения в последнем вопросе.

«По моему мнению,—говорит Ньютон, возвращаясь к оптической проблеме,—свет нельзя определять, как эфир или его движение; свет—это нечто, распространяющееся различным образом от светящихся тел... Можно предполагать, что свет—это материальная эманация или движение, или импульс, вызывающий движение, или еще что-нибудь иное, что может показаться более удобным. Я полагаю только, что свет состоит из лучей, отличающихся друг от друга случайными обстоятельствами, величиной, формой или силой, так же как отличаются морские песчинки, волны на озере или человеческие лица. Далее я мог бы утверждать относительно света, что он отличен от колебаний эфира, ибо иначе были бы невозможны тени и совершенно непрозрачные тела. Несмотря на различие света и эфира,—продолжает Ньютон,—я предполагаю, что свет и эфир действуют друг на друга таким образом, что при движении луча по эфиру не одинаковой плотности луч получает непрерывные удары в сторону более разреженного эфира и загибается в эту сторону... Для объяснения того, почему из числа лучей, падающих на ту же самую прозрачную поверхность, некоторые постоянно отражаются, другие же пропускаются, предположим, что при взаимодействии света и эфира последний в телах приводится световыми лучами в колебания. В результате таких колебаний эфир попеременно сжимается и расширяется. Лучи, попадающие на сжатый эфир, очевидно, отражаются, попадающие на разреженную часть, на интервал между двумя колебаниями, пропускаются».

Далее Ньютон переходит к объяснению колец, видимых между плотной пластинкой и линзой. «Если наложить выпуклую пластинку на плоскую,—говорит он,—то толщины воздушного слоя, находящегося в промежутке, будут относиться между собой, как расстояния соответствующих слоев от точки прикосновения линзы и пластинки. Отсюда следует, что пропущенный и отраженный свет расположится по чередующимся кольцам вокруг места соприкосновения. В однородном свете образуются светлые и темные кольца, радиусы которых будут находиться в определенном отношении к толщине соответствующих слоев и к длине волн.

Красный и желтый свет возбуждает в эфире волны другой величины, чем синий и фиолетовый, поэтому для данных цветов цветные кольца будут иметь другие размеры — наименьшие для синего света и наибольшие для красного; по этой же причине белый солнечный свет разложится на цветные кольца. Если имеется не воздушный слой, а водяной, стеклянный и т. д., то нужно предполагать, что в более разреженном эфире волны будут короче, чем в плотном, соответствующие цветные кольца будут, следовательно, в плотной среде с меньшим радиусом». В связи с изложенным представлением о происхождении цветов тонких пластинок Ньютон предполагает, что колебания, возбуждаемые световыми лучами в эфире, распространяются быстрее, чем сами лучи.

Гипотеза Ньютона, изложенная в совершенно эскизной форме, явно приурочена к явлениям цветов тонких пластинок, о которых сообщается во второй части мемуара. Мы перейдем в следующей главе к описанию этих изумительных опытов Ньютона, опередивших по своим результатам медленное развитие физики более чем на столетие и вполне оцененных только Юнгом и Френелем. Ньютон впоследствии не применял своей гипотезы; основательно забыли ее современники и потомство. Главная причина этого заключалась в большой неопределенности и отсутствии количественной математической разработки гипотезы. Учение о волновых движениях в упругой среде еще не начинало развиваться. Конечно, впоследствии, когда Ньютон почти нацело перешел к изучению механических явлений, он мог бы приступить к решению и этой задачи. Ему удалось впоследствии, например, решить задачу о скорости распространения волн в упругой среде; но в это время оптические работы были отложены в сторону, на очереди были другие, не менее важные задачи. Следует отметить, что Ньютон, по аналогии с воздушными звуковыми явлениями, оперирует в своей гипотезе с продольными эфирными колебаниями. Интерференционный принцип, возможность наличия темноты в месте взаимной встречи двух световых пучков, был, как можно судить по приведенным выдержкам, совершенно чужд Ньютону.

К ньютоновой попытке соединения теории истечения

и волновой теории физика все же время от времени возвращается, забывая при этом о первоисточнике. В 1842 г. Н. И. Лобачевский попытался, например, так соединить эмиссионную и волновую теории [20]: «Поток эфира, встречая препятствия на пути, приходит в волнение, подобно тому как вода в реке, встретив плотину, поднимается волной, разделяется на две струи, между которыми проходит пустота, наконец, вода соединяется снова в общий поток; или подобно воздуху, который, встречая препятствие, также волнуется, разделяется на два потока с пустотой между ними... Падение воды за плотиной и пустота, воздухом оставляемая за стеной, отвечают, следовательно, брошенной тени позади непрозрачных тел, вместе представляют нам уклонение света к средине тени».

Взгляды на природу света после Ньютона менялись непрерывно вплоть до нашего времени. В XVIII в., как и раньше, еще не было решающих доводов в пользу корпускул или волн. Волны, например, защищал Эйлер, а корпускулы Бошкович и Лаплас. Однако после интерференционных опытов Юнга и Френеля победа волн казалась окончательной. В XIX в. с очевидностью выяснилась не механическая, а электромагнитная природа этих волн, и решение, казавшееся простым, вновь стало мало понятным. Открытие квантов энергии и действия на самом пороге нашего столетия полностью перевернуло представления о свете. Идея корпускул, на этот раз конкретизировавшихся в виде световых квантов, или фотонов, казалась снова воскреснувшей. Во всяком случае в течение примерно десятилетия в оптике воцарился дуализм: явления, относящиеся к распространению света, умели рассматривать только с волновой точки зрения, действия же света на вещество были понятны только на основе представления о корпускулах, или фотонах.

В это время уместно было бы вспомнить слова И. Барроу (стр. 19): «Оба представления о свете встречаются с равными трудностями. Поэтому я склоняюсь к мнению, что свет может порождаться обоими родами движения, как телесным истечением, так и непрерывными импульсами. Может быть, лучше приписывать некоторые действия одному, а иные другому». Выход из такого невозможного дуализма по рецепту Барроу был найден в квантовой

волновой механике, в своеобразном синтезе, объединении корпускул и волн. Разумеется, этот синтез чрезвычайно далек от ньютонова компромисса. Строго говоря, в новой теории света нельзя говорить ни о волнах, ни о корпускулах: реальность более сложна и не поддается механическому уподоблению или модели. Учитывая это, все же нельзя не удивляться широте и гениальной прозорливости Ньютона, интуитивно угадавшего в XVII в. двусторонность световых явлений.





Рис. 20. Исаак Ньютон. Портрет Вандербанка (в собрании Королевского Общества).



ГЛАВА СЕДЬМАЯ

«Оптика» Ньютона

Вторая часть «гипотетического» мемуара Ньютона, о котором шла речь в предыдущей главе, содержала изложение его опытов над цветами тонких пластинок. Мы говорили уже, что чтение мемуара продолжалось в течение четырех заседаний Королевского Общества. Еще до перехода к чтению экспериментальной части Гук выступил с возражениями по вопросу о приоритете. По мнению Гука, основное в гипотезе Ньютона якобы уже содержится в его «Микрографии». Осведомившись об этом, Ньютон в двух письмах к Ольденбургу без труда устранил притязания Гука по отношению к его гипотезе, но признал, что в отношении эксперимента опыты Гука имели для него значение. Гук в конце 1675 г. обратился с примирительным письмом к Ньютону, указывая, что, повидимому, последний неправильно осведомлен о его выступлениях в Обществе. Гук вполне признает заслуги Ньютона и просит поддерживать с ним переписку по научным предметам. В своем ответе Ньютон принял предложение Гука о переписке, подчеркнув, однако, что он устал от постоянных пререканий и споров, мешающих работе. Вместе с тем Ньютон отдал должное заслугам Гука, особенно при исследовании цветов тонких пластинок. Эти корректные письма не привели, впрочем, к настоящему примирению этих двух столь разнохарактерных людей. Переписка продолжения не имела.

Мемуар Ньютона не был напечатан в Трудах Общества (Philosophical Transactions), и вообще, за исключением

небольших заметок, Ньютон в этом журнале ничего более не печатал.

Несмотря на предложение Коллинса издать «Лекции по оптике», Ньютон в письме от 25 мая 1672 г. к Коллинсу решительно отказался от этого, указывая, что он занят другим и хочет сохранить спокойную свободу, которая иначе может исчезнуть, как он убедился даже из небольшого знакомства с печатью.

Только в 1704 г., т. е. спустя почти 30 лет, Ньютон собрал все свои изыскания в области света в «Оптике». Эта книга, повидимому, давно была готова у Ньютона: некоторые ее места были написаны еще в восьмидесятых годах. Составлялась она частью из «Лекций», частью из только что рассмотренного мемуара; в нее включены опыты с цветами тонких пластинок, и, наконец, она содержала многое существенно новое, о чем будет речь дальше. «Оптика» вышла в 1704 г., через год после смерти Гука, и можно думать, что Ньютон не опубликовывал книги, не желая еще раз входить в неизбежные препирательства с Гуком. Имя Гука упоминается в «Оптике» только вскользь, без каких-либо похвал или порицаний; руководствуясь древним правилом: de mortuis aut bene aut nihil (о мертвых или хорошее, или ничего), Ньютон, очевидно, только сдерживал свою неприязнь к покойному ученому.

«Оптика» подводила итог обширной группе работ Ньютона, относившихся к семидесятым и восьмидесятым годам XVII в., и ее появление именно в 1704 г. совершенно случайно. В это время Ньютон перестал заниматься оптикой.

Полное заглавие книги: «Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света». Книга написана по-английски и имела при жизни Ньютона три английских издания — в 1704, 1717 и 1721 гг. В 1706 г. Клэрк издал латинский перевод «Оптики», сделанный под непосредственным наблюдением Ньютона. Этот перевод пользовался наибольшей известностью в Европе, так как за пределами Англии в XVIII в. часто знали латинский язык и редко английский. В 1720 г. появился французский перевод Коста. Позднее «Оптика» была переведена на французский язык еще раз знаменитым революционером Маратом. Обилие изданий при жизни автора пока-

зывает, какую широкую славу приобрело ньютоновское учение о цветах к началу XVIII в.

В предисловии к первому изданию «Оптики» Ньютон пишет, что он намеренно задерживал печатание книги, чтобы не вступать в споры, и не опубликовал бы ее и дольше, если бы не настояние друзей. В 1937 г. опубликованы выдержки из записок математика Дэвида Грегори, племянника одного из изобретателей телескопа-рефлектора. По этим запискам можно установить, кто были те друзья, которые побудили Ньютона, наконец, издать «Оптику». Это — сам Грегори, Галлей, Фацио, Робертс и Шейн. Ниже мы увидим, что и «Начала» появились в свет также только благодаря постороннему вмешательству.

«Оптика» разделена Ньютоном на три книги. Пользуясь современной физической терминологией, содержание этих трех книг можно передать так. Книга первая: начала геометрической оптики, учение о дисперсии света и составе белого цвета с различными приложениями. Содержание этой части нами уже изложено в предыдущих главах. Книга вторая: интерференция света в тонких пластинках. Книга третья: диффракция света, поляризация света и часть гипотетическая, содержащая в себе знаменитые «вопросы», связанные с самыми разнообразными предметами, в некоторых случаях не имеющими отношения к оптике.

Поводом исследования цветов тонких пластинок явилось следующее обстоятельство. Складывая однажды случайно две призмы полного внутреннего отражения, гипотенузные плоскости которых были несколько искривлены, Ньютон заметил, что в месте касания двух призм появилось пятно, которое оставалось прозрачным даже при установке призм на полное отражение, в отраженном же свете всегда казалось темным. Для упрощения опыта Ньютон решил повторить его, наложив плоской стороной на двояковыпуклую линзу другую линзу, плосковыпуклую. Таким образом между двумя линзами образовался воздушный слой переменной толщины. При освещении системы линз появлялись правильные концентрические цветные кольца, окружавшие место соприкосновения стекол. Таким образом Ньютон нашел новый метод изучения цветов, возникающих при отражении света от двух граней тонких слоев.

Исследования Гука установили качественную зависимость наблюдаемых цветов от толщины пластинки. В руках Ньютона, однако, был метод, позволявший установить количественную сторону явления. Зная кривизну линз, Ньютон мог геометрически вычислить толщину воздушного слоя в различных местах между двумя линзами и таким образом связать каждый наблюдаемый цвет с определенной толщиной воздушного слоя. Освещая систему линз однородным красным или синим цветом, Ньютон увидел, что концентрические кольца делались одноцветными, причем они становились резче и число их заметно увеличивалось. Таким образом, многоцветная картина при освещении белым светом оказалась снова объясняющейся сложностью белого света. В этом случае цветные кольца, образующиеся для каждого отдельного цвета, входящего в состав белого, накладываются друг на друга.

Нам приходилось уже неоднократно указывать на изумительную точность и постоянный количественный учет в опытах Ньютона. Изучение интерференционных колец является в этом отношении шедевром. Чтение второй книги «Оптики» поэтому до сих пор — лучшее введение в искусство эксперимента. Речь идет об установлении эмпирических закономерностей в совершенно новой, достаточно таинственной в то время области; не было и признака теории, которая могла бы подсказывать цифры. Цифры Ньютона должны были выдержать испытание теории только 150 лет позднее, и выдержали они его блестяще. Ньютон устанавливает прежде всего, что радиусы темных колец в отраженном свете возрастают от центра к периферии, как корни квадратные из четных целых чисел: $\sqrt{0}$, $\sqrt{2}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{6}$,..., радиусы же светлых колец растут, как корни квадратные из нечетных целых чисел: $\sqrt{1}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{7}$,... Отсюда вытекает, что соответствующие воздушные промежутки между двумя линзами для темных кругов должны быть пропорциональны ряду четных чисел 0, 2, 4, 6, ..., для световых кругов — ряду нечетных чисел 1, 3, 5, 7, ... Ньютон заполнил пространство между линзами водой, вместо воздуха, и заметил, что кольца сжимаются; произведя количественные измерения, он нашел, что отношение радиусов кругов

в воздухе и воде равняется показателю преломления при переходе из воды в воздух. Ньютон измеряет толщину слоя, отвечающего светлому кольцу для различных цветов. В таблице приведены некоторые цифры Ньютона:

	Цвет	Толщина воздушного слоя*	Длина волны, в mμ
2-е кольцо . . .	Фиолетовый . . .	$11^1/_6$	375
	Желтый	$16^2/_7$	540
	Красный	$18^1/_5$	620
	Синий	$21^2/_5$	470
3-е кольцо . . .	Желтый	$27^1/_7$	545
	Красный	29	580

В последнем столбце приведены те длины волн в миллимикронах, которые можно вычислить по данным Ньютона на основании интерференционной теории колец, пользуясь соотношением

$$2d = \frac{1}{2}\lambda,\ \frac{3}{2}\lambda,\ \frac{5}{2}\lambda \text{ и т. д.},$$

где d — толщина слоя, соответствующая различным кольцам, λ — длина волны. При определении цветности Ньютон мог пользоваться, к сожалению, только качественной характеристикой: «красный», «синий» и т. д., поэтому опытные измерения Ньютона можно проверить только приближенно. Мы можем лишь подтвердить, что, например, 375 mμ действительно соответствуют крайнему фиолетовому цвету, 620 mμ — красному и т. д.

В четвертой части третьей книги Ньютон описывает новое интерференционное явление, наблюдавшееся им на этот раз в толстых пластинках: «Солнце светило в мою затемненную комнату через отверстие в $1/3$ дюйма. Я заставлял падать световой луч отвесно на стеклянное зеркало, вогнутое с одной стороны и выпуклое с другой, отшлифованное соответственно шару радиусом 5 футов

* Толщина слоя указана в миллионных долях дюйма.

11 дюймов и амальгамированное с выпуклой стороны. Я помещал в центре шара непрозрачную бумагу таким образом, что луч проходил к зеркалу через небольшое отверстие в середине бумаги и отражался от зеркала к тому же месту; при этом я наблюдал на бумаге 4 или 5 радужных колец, окружавших отверстие... По мере уширения этих колец они становились более расплывчатыми и слабыми, так что пятое кольцо было едва видно...».

Ньютон открыл таким образом наличие несомненной периодичности в свойствах света. Такая периодичность качественно указывалась Гуком, но в опытах Ньютона она получила характер достоверности. В основном тексте книги, где, по мнению Ньютона, были неуместны гипотезы, нужно было ввести чисто формальное толкование наблюденной периодичности. Такое формальное, не гипотетическое толкование Ньютон дает в следующем виде: «Всякий луч света при прохождении через какую-либо преломляющую поверхность принимает определенное временное строение или состояние, снова возвращающееся через равные промежутки по мере прохождения луча; всякий раз, как это состояние возвращается, оно располагает луч к прохождению через преломляющую поверхность; в промежутке между возвращениями такого состояния луч отражается... Я не стану здесь рассматривать, в чем заключается предрасположение такого рода, состоит ли оно из вращательного или колебательного движения луча или среды, или из чего-либо другого».

Для тех, кому нужны гипотезы, Ньютон повторяет толкование явления цветов тонких пластинок, изложенное им в мемуаре 1675 г. и указанное в предыдущей главе. Изложив это воззрение, Ньютон, однако, замечает: «Я не предполагаю разбирать здесь, правильна или ложна такая гипотеза. Для меня достаточен чистый факт, что лучи света располагаются к преломлению или отражению какой-то причиной или чем-либо другим.

...Возвращения предрасположения к отражению в луче я называю припадками (fits) легчайшего отражения, предрасположения же к прохождению — припадками легчайшего прохождения; пространство, проходимое между каждыми двумя возвращениями, я называю «интервалом

припадков». Периодические «припадки» светового луча не являются у Ньютона новой причудливой гипотезой. Эта причудливость появилась только у приверженцев и учеников Ньютона, которые безоговорочно перенесли формальное понятие припадков на световые частицы. Представление припадка на самом деле вполне приложимо и к волновой теории: интервалу припадков соответствует длина волны. Легко заметить при чтении «Оптики», что Ньютон вполне представлял себе возможность волнового толкования явления, однако остался при своем «hypotheses non fingo» и удовлетворился формальным толкованием. В волновой теории Френеля и Юнга припадки светового луча в значительной мере потеряли свою причудливость, но в наши дни, в связи с теорией квантов и воскресшим представлением об «атомах света», явления интерференции, как и другие факты, прекрасно объясняемые волновой теорией, снова начинают становиться трудно понимаемыми. Современный физик зачастую становится снова на формальную почву, отвлекаясь от «гипотезы» и устанавливая внешнее «соответствие» между фактами периодичности световых явлений и положениями теории квантов. Во всяком случае сейчас ньютоновская интерпретация перестает быть столь чуждой физику, как в прошлом веке.

Третья часть второй книги «Оптики» посвящена вопросу о постоянной окраске естественных тел и аналогии между ними и цветами тонких пластинок. Всякое однородное тело, по мнению Ньютона, по своей природе прозрачно. Непрозрачность проистекает только потому, что внутри тела имеются пустые промежутки, — тело пористо. Свет многократно отражается от поверхностей прозрачных частиц и «постоянно погашается». Непрозрачное тело состоит по крайней мере на поверхности из прозрачных тонких пластинок. Для различных тел пластинки будут различной толщины и соответственно этому будут пропускать те или иные цвета. Цвета естественных тел, с этой точки зрения, равносильны цветам тонких пластинок. Ньютон пытается оценить размеры частиц вещества на основании теории цветов тонких пластинок и мечтает даже о возможности увидать частицы под микроскопом.

Здесь Ньютон, конечно, зашел в чисто гипотетическую область. Притом гипотеза Ньютона явно ошибочна. Ослаб-

ление света при прохождении через вещество связано не только с рассеянием, т. е. изменением направления падающих лучей; существует истинное поглощение, превращение света, как говорим мы теперь, в иные формы энергии, в тепло, в энергию химическую и пр. Это истинное поглощение и определяет окраску большинства тел. Рассеяние света играет также некоторую роль в окраске окружающих предметов. Например, голубой цвет неба вполне зависит от рассеяния солнечного света в атмосфере, окраска моря определяется обоими факторами вместе. Однако это рассеяние совершенно иного характера, чем у Ньютона.

Предложение X того же раздела «Оптики» содержит закон рефракции, связывающий показатель преломления и плотность тела. Если обозначить показатель преломления через n и плотность через ρ, то формула («как легко поймут математики», пишет Ньютон) имеет такой вид:

$$\frac{n^2-1}{\rho}=k,$$

где k — величина постоянная. Ньютон получает этот закон, разлагая движение светового луча на слагающую, параллельную поверхности тела и не испытывающую изменений, и на другую слагающую, перпендикулярную поверхности. Она соответствует, по Ньютону, ускоренному движению вследствие сил притяжения, исходящих от прозрачного тела. В подтверждение своего вывода Ньютон приводит большую таблицу для тел различного химического состава, в которую входят такие разнообразные соединения, как воздух, вода, селитра, стекло, различные масла, алмаз и т. д. Преломление воздуха Ньютон находит по астрономической рефракции. Из таблицы Ньютона видно, что постоянная рефракции k сравнительно мало меняется для неорганических веществ, но довольно резко повышается при переходе к органическим маслянистым веществам. Примерно такую же высокую постоянную рефракции имеет и алмаз. Ньютон оптическим путем открывает углеродистую природу алмаза: «Алмаз, — пишет он, — вероятно, также есть маслянистое сгустившееся вещество».

Обычно формулу рефракции Ньютона называют формулой Лапласа, который перевел на язык математических

символов то, что достаточно ясно сказано без формул в «Оптике». В современной теоретической оптике формула Ньютона заменена несколько более сложной формулой

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{1}{\rho}=k.$$

Измерение рефракции до сих пор служит важным аналитическим приемом, особенно в органической химии.

Едва ли приходится сомневаться, что непосредственным поводом опытов Ньютона в области диффракции послужили опыты Гука. Вся «Оптика», однако, почти обходит молчанием работы Гука, и в отношении диффракции Ньютон ссылается непосредственно на Гримальди. Наблюдения Ньютона служат в значительной мере повторением опытов Гримальди; шаг вперед — количественное изучение явления и применение идеи сложности белого цвета для объяснения цветности диффракционных полос. Ньютон пропускал в темную комнату солнечный луч через отверстие диаметром в $^1/_{42}$ дюйма (0,6 мм). На расстоянии 12 футов помещался человеческий волос толщиною $^1/_{280}$ дюйма (0,09 мм). Тень волоса принималась на расстоянии 4 дюймов от волоса. Тень оказалась значительно шире, чем следовало бы из прямолинейности распространения света; кроме того, по обеим сторонам тени обнаружились три цветных полосы с синей каймой внутрь и красной наружу. Для объяснения этих цветных полос Ньютон произвел опыт в однородном цвете, причем полосы по краям тени оказались одноцветными, светлыми и темными; расстояние между полосами менялось при изменении цвета. Ньютон доказал далее, что диффракция происходит одинаково, находится ли волос в воздухе, или между стеклами. Вещество диффрагирующего тела не влияет на характер явления. Ньютон повторил и опыт Гука, заставляя широкий пучок света проходить мимо острого края ножа, и в этом случае обнаружились диффракционные полосы. «Производя эти наблюдения, — заключает Ньютон описание своих опытов, — я намеревался повторить их с большей точностью и тщательностью и поставить новые опыты... Однако в те времена я был прерван в моей работе, а теперь не имею возможности приняться вновь за исследования. Оставляя эту часть моей работы незаконченной, я хочу в

заключение предложить только некоторые вопросы для того, чтобы другие могли исследовать данный предмет дальше».

Диффракционные явления, нарушение прямолинейности распространения света — самый сильный аргумент в пользу волновой теории света. Правда, во времена Ньютона защитники волновой теории—Гюйгенс и Гук—этого совершенно не понимали. Гюйгенс пытался даже доказать, что по теории волн диффракции не существует. С другой стороны, для теории истечения явления огибания были не малым затруднением. Для объяснения огибания Ньютон мог выставить только следующее предположение: «Не действуют ли тела на свет уже на некотором расстоянии, загибая световые лучи? И не будет ли это действие при прочих равных обстоятельствах тем сильнее, чем меньше расстояние?» Это первый из тех «вопросов», которыми оканчивается «Оптика». Предположение об отклонении световых лучей при прохождении около тел высказывалось Ньютоном неоднократно; оно приведено в «Началах», высказывалось устно на заседаниях Королевского Общества, в письме к Бойлю и т. д. Утверждение Ньютона о действии тел на световые лучи на расстоянии получило неожиданное подтверждение в наше время в связи с проверкой следствий теории относительности. Фотографируя положения звезд, расположенных на небесной сфере около Солнца во время полного затмения, астрономы, начиная с 1919 г. и по сие время, неизменно обнаруживают несомненное небольшое отклонение звездных лучей при прохождении около Солнца (видимое положение звезд при этом немного смещается). Это отклонение оказалось по своей величине в согласии с теорией Эйнштейна. Говоря о подтверждении взглядов Ньютона, в этом случае надо понимать, конечно, только качественное и в сущности случайное совпадение. Для объяснения диффракции потребовались бы отклонения световых лучей неизмеримо большей величины, чем те, которые наблюдаются во время затмений и, кроме того, в противоположном направлении. Из собственных опытов Ньютона явствует, что диффракционная картина совершенно не зависит от массы диффрагирующего тела, между тем как наблюдающееся отклонение звездных лучей определяется массой Солнца. Ньютон, пытаясь объяснить диффракцию притяжением луча телом,

предполагал, очевидно, силу, аналогичную тяготению, но почему-то не сделал вывода о необходимости существования в этом случае зависимости от массы диффрагирующего тела.

«Вопросы», числом 31, приложенные к «Оптике»,— собрание различных незаконченных соображений и гипотез, относящихся к оптике, тяготению, химическим явлениям и пр. Перед нами сырой, необработанный материал, в котором не трудно отыскать много явных противоречий и блестящих мыслей на ряду с очевидными заблуждениями. Во время издания «Оптики» Ньютон находился в зените своей славы и мог позволить себе вольность издания незаконченных работ и мыслей.

Боязнь полемики к этому времени исчезла, да, кроме того, авторитет Ньютона стал настолько большим, что появление возражений становилось мало вероятным. Чтение «вопросов» до сих пор сохраняет привлекательность свежести и непосредственности. Мы ограничимся передачей только очень немногих из них.

Ньютон во многом повторяет гипотезу, изложенную в мемуаре 1675 г. Вновь излагается гипотеза эфира — среды, заполняющей мировые пространства. Эта гипотеза, как уже говорилось, для Ньютона эпохи 1675 г. объясняла преломление, диффракцию (преломление в самом эфире) и световые «припадки», если предположить, что световые лучи возбуждают колебания в эфире, находящемся в веществе. Снова ставится вопрос, не будет ли плотность эфира в веществе меньше, чем в свободных пространствах, что дает ключ к пониманию тяготения. Сравнивая скорость звука в воздухе и света в пустоте, Ньютон, пользуясь законом распространения волн в упругой среде, заключает, что отношение упругости эфира к плотности должно быть по крайней мере в 490 000 000 000 раз больше, чем для воздуха. Не могут ли, спрашивает Ньютон, планеты и кометы двигаться в эфирной среде, состоящей из отдельных упругих частиц, значительно легче, чем в жидкости, равномерно, без промежутков, как у Декарта, заполняющей пространство? Предположим, что эфир в 700 000 раз более упруг и в 700 000 раз менее плотен, чем воздух; в таком случае его сопротивление движению тел было бы в 600 000 000 раз меньше, чем в воде;

такое сопротивление вызвало бы заметное искажение движения планет только в десятки тысяч лет.

В вопросе 25-м содержатся замечания Ньютона по поводу явления двойного преломления света в кристаллах исландского шпата. С первых же слов Ньютон предполагает существование нового, первоначального свойства световых лучей. Явление двойного преломления в исландском шпате было открыто Эразмом Бартолином и тщательно изучено Гюйгенсом. Луч, попадая в кристалл, расщепляется на два, обыкновенный и необыкновенный. Последний не подчиняется обычным законам преломления, показатель преломления у него различен по различным направлениям кристалла. Гюйгенс дал замечательное формальное построение, основанное на волновой теории света, для определения направления необыкновенного луча. В этом случае волновая теория являлась не только теорией, объясняющей поведение необыкновенного луча, но и теорией почти неизбежной. Ньютон в 25-м вопросе дает явно ошибочное правило определения направления необыкновенного луча, забывая или сознательно не обращая внимания на безукоризненное построение Гюйгенса. Мы встречаемся с трудно постижимым капризом гениального оптика. Объяснять его можно либо мало характерной для Ньютона небрежностью, либо желанием обойти волновую теорию во что бы то ни стало. Сам Гюйгенс в одном письме к Лейбницу называет свои опыты с двойным преломлением «experimentum crucis» («решающий опыт») волновой теории. Гюйгенс не мог, однако, объяснить с точки зрения своей теории того факта, что если каждый из лучей, обыкновенный или необыкновенный, падает на вторую кристаллическую пластинку, то он либо снова испытывает двойное преломление, либо проходит в виде одного луча, в зависимости от поворота пластинки. Ньютон в двух строках дает формальное решение задачи: «Не обладают ли световые лучи различными сторонами с различными первоначальными свойствами?» Вводится таким образом понятие о поляризации светового луча. «Во всяком световом луче нужно различать четыре стороны или четыре четверти, две из которых, лежащие одна против другой, вызывают необыкновенное преломление; если одна из них обращена в сторону необыкновенного преломления,

то две другие позволяют только обыкновенное преломление... Один и тот же луч в зависимости от своего положения к поверхностям кристалла будет преломляться то необыкновенно, то обыкновенно». Ньютон не извлек дальнейших выводов из своей удачной гипотезы; едва ли также он серьезно занимался экспериментальным изучением двойного преломления; во всяком случае ему принадлежит честь введения понятия поляризации светового луча в оптику.

В следующих вопросах Ньютон собрал аргументы против волновой теории света и теории Декарта. Главный аргумент попрежнему — прямолинейность распространения света. Применение волновой теории для объяснения двойного преломления кажется Ньютону неудовлетворительным — приходится предполагать в кристалле две различных колеблющихся среды. Далее, к удивлению читателя, выдвигаются резкие доводы против существования эфира в свободных пространствах. Правильные движения планет и комет, которые ранее рассматривались как совместимые с наличием разреженного эфира, теперь приводятся Ньютоном как факт, противоречащий концепции эфира. Делается ссылка даже на авторитет философов древности — факт, редкий в писаниях Ньютона. Перед нами как бы геологические наслоения мысли, существующие, несмотря на явную противоречивость. Далее набрасывается эскиз эмиссионной теории света, изложенной, впрочем, снова только в форме вопроса: «Не являются ли световые лучи очень небольшими телами, посылаемыми светящимся веществом?... Прозрачные вещества действуют на некотором расстоянии на световые лучи, преломляя их, отражая и заставляя загибаться; лучи же в свою очередь действуют на вещество, приводя на расстоянии его части в колебательные движения и нагревая его. Эти действия и противодействия в высшей степени похожи на проявления силы притяжения между телами». Снова для объяснения цветов тонких пластинок выдвигается гипотеза о колебаниях, возбуждаемых световыми частицами в веществе. Явления двойного преломления приводят к предположению о том, что у световых частиц имеется нечто вроде магнитных полюсов (поляризация), притягиваемых или отталкиваемых частицами кристалла.

Наконец, Ньютон ставит вопрос о том, не превращается ли свет в вещество и вещество в свет. Такой вопрос в XVII в. не был неожиданностью. По представлениям атомистов световые атомы отличались от атомов вещества только быстротой и малостью. Такие взгляды высказывал, например, Галилей. Химическое понимание приведенного вопроса несомненно и у Ньютона, так как вслед за вопросом следуют многочисленные химические аналогии.

В новой физике вопрос о превращении света в вещество и обратно получил совсем другой, глубокий смысл. Для фотонов с чрезвычайно быстрыми колебаниями, превосходящими определенное значение, на опыте наблюдается замечательное явление превращения их в вещество, в положительный и отрицательный электрон. Несомнен также и обратный процесс. Мысль Ньютона, опиравшаяся на механическую аналогию, подтвердилась совсем иным и нежданным образом.

Другие вопросы «Оптики» не относятся к световым явлениям. К некоторым из них придется вернуться позднее.

В чем причина бессистемности «вопросов» и даже их противоречивости? «Оптика» при жизни Ньютона с 1704 г. переиздавалась еще три раза, в 1706 г. (латинский перевод), в 1717 и в 1721 г. При этом в каждом издании количество «вопросов» увеличивалось, а содержание их было совсем новым и нередко противоречащим прежним. Таким образом перед нами действительно хронологическое наслоение, навсегда запечатлевшее развитие и колебания мысли Ньютона.

В издании 1704 г. в «вопросах» эфир совсем не упоминался, но в латинском издании 1706 г. к этому умолчанию прибавилась резкая и решительная критика гипотезы эфира. Однако через десять лет во втором английском издании «Оптики» отношение Ньютона к эфиру меняется. Добавляются 8 новых «вопросов» об эфире, имеющих при всей их сдержанности, несомненно, положительный характер. Наиболее удивительно при этом, что «контрэфирные» вопросы прежних изданий оставлены рядом с «проэфирными».

Приходится предположить, что таким способом Ньютон еще раз хотел демонстрировать свое скептическое отношение к гипотезам. Едва ли при этом случайно расположение «вопросов» в окончательной версии изданий 1717 и 1721 гг. Первые 17 вопросов касаются главным образом свойств света независимо от тех или иных гипотез. Следующие семь вопросов говорят в пользу существования эфира. За ними следуют четыре вопроса с аргументами против эфира. Наконец, три последние вопроса рассматривают оптические и физико-химические явления как результат движения частиц, между которыми действуют притягательные и отталкивательные силы.

Не случайно, далее, в последних изданиях в 31-м «вопросе» добавлена декларация, почти в точности повторяющая знаменитое «hypotheses non fingo»: «Гипотезы не должны рассматриваться в экспериментальной философии, и хотя аргументация на основании опытов и наблюдений посредством индукции не есть доказательство общих заключений, однако это — лучший путь аргументации, допустимый природой вещей, и она может считаться тем более сильной, чем более обща индукция».

Позволительно догадываться на основании всего этого, что Ньютон разнообразием противоречивых «вопросов», логикой их расположения и окончательным методологическим заключением хотел подсказать читателю примерно следующее: «Единственно несомненны свойства света, устанавливаемые опытом. Некоторые из этих свойств можно толковать на основании гипотезы эфира, другие свойства с эфиром не согласуются, их можно объяснить движением частиц, между коими действуют силы притяжения и отталкивания. Правильнее же всего, не создавая гипотез, описывать явления на основании опытов и наблюдений по методу индукции».

Желанием внушить читателю эти выводы, повидимому, и продиктовано сложное построение «вопросов».





ГЛАВА ВОСЬМАЯ

Переходные годы. Оптические фрагменты в сочинениях и письмах Ньютона. Концепция эфира у Ньютона в семидесятых годах

(1672—1682)

В «Оптике» Ньютон подвел итоги своим обширным исследованиям в области световых явлений. Однако многое, притом иногда значительное, в эту книгу не вошло. Ньютон стремился написать «Оптику» возможно проще и сделать из нее сочинение, доступное широкому кругу читателей-соотечественников. Поэтому книга написана по-английски, а не по-латыни, поэтому в ней почти полностью отсутствуют математические доказательства и выкладки, и материал объединен не столько по предмету, сколько по методу. «Оптика» — классический образец экспериментальной физики, это — книга опыта и до некоторой степени гипотезы. В «вопросах» Ньютон касается с экспериментальной и гипотетической стороны не только световых явлений, но и теплоты, тяготения, электричества, магнетизма, химии и пр.; все же, связанное с математикой, в книгу не включено. Поэтому доказательство предложений и теорем геометрической оптики нужно искать в «Лекциях» и в «Началах»; математическая теория преломления света (вывод закона преломления) также опубликована только в «Началах».

Предполагая, что изменение направления светового луча в среде вызывается некоторой силой, действующей на свет со стороны вещества, Ньютон приходит к заключению, что скорость света до падения относится к



Рис. 21. Скульптурное восковое изображение Ньютона. На колонне приведены известные стихи А. Попа (ср. стр. 217).

скорости в среде, как синус угла к синусу угла падения, т. е. скорость света в среде должна быть больше, чем в пустом пространстве.

Прямые опыты Фуко, сделанные в XIX в., решительным образом разошлись с этим выводом Ньютона: скорость света в пространстве оказалась большей, чем в среде. Долгое время опыт Фуко считался окончательно опровергающим теорию истечения. Однако по современной квантовой теории света «групповая» скорость фотона в среде, так же как и скорость волн в области нормальной дисперсии, должна быть меньше, чем в пространстве, и опыт Фуко лишился решающего значения.

К математическим работам в области оптики может быть отнесена также ньютонова теория астрономической рефракции. Теория эта нигде Ньютоном не опубликована; в «Оптике» есть лишь краткие упоминания об астрономической рефракции. Результаты теории Ньютона в виде основной теоремы и таблиц сообщены им в письмах к королевскому астроному Флэмстиду за 1694 и 1695 гг., и впервые разобраны только в 1836 г. Био [21] и более полно в 1935 г. акад. А. Н. Крыловым [22]. А. Н. Крылов сумел по письмам Ньютона, некоторым местам «Начал» и другим материалам полностью реконструировать ход мыслей и расчетов Ньютона, сделав эту громадную работу Ньютона доступной и полезной для нашего времени. По словам А. Н. Крылова: «Если развить ньютонову теорию теми элементарными методами анализа, которыми Ньютон обладал, и сравнить ее с современными теориями, то сразу можно будет заметить, сколь простое и естественное получается изложение, и сколь мало к нему, по существу, за 240 лет прибавлено».

В основе теории астрономической рефракции Ньютона положена следующая теорема, сообщаемая им Флэмстиду в письме без доказательства:

«Пусть (рис. 22) ADK представляет земной шар; предположим, что этот шар покрыт атмосферою, плотность которой убывает равномерно от поверхности Земли до верхней границы атмосферы, представляемой здесь кругом MON. Пусть луч SO падает на границу в точке O и при прохождении через атмосферу до наблюдателя A, непрерывно преломляясь, изгибается в кривую OBA.

От произвольной точки B этой кривой проводится прямая BC к центру Земли, пересекающая поверхность Земли в точке D. Берем между CB и CD среднюю пропорциональную CF, и пусть AFG есть геометрическое место точек F, т. е. та кривая, на которой постоянно находится точка F; если эта кривая AFG пересекает прямую OC в точке G, то полная рефракция луча, проходящего от O до A, пропорциональна площади $AFGC$, рефракция же при прохождении частей OB или BA сказанной кривой пропорциональна площадям $GFCG$ и $FACF$».

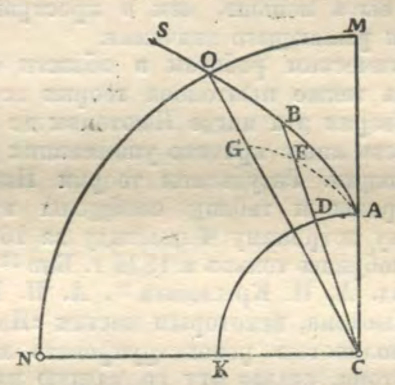


Рис. 22. Схема к теореме Ньютона относительно астрономической рефракции.
Из письма к Флэмстиду

А. Н. Крылов замечает по поводу этой теоремы, что кривая OBA не известна, и длины BC и CD, между которыми надо брать среднюю пропорциональную CF, также не известны. Ньютон же никаких указаний о построении кривой OBA не дает, и так как Флэмстид не настолько владел «прямым и обратным методом флюксий» (т. е. дифференциальным и интегральным исчислением), чтобы самому уравнение этой кривой вывести, то едва ли из теоремы Ньютона он уяснил себе способ составления таблицы рефракций. К сожалению, таких положений и теорем без доказательств очень много в книгах и лекциях Ньютона, а потому чтение его произведений волей-неволей иногда превращается в исследовательскую работу.

Разбирая в «Началах» вопрос о кометных хвостах, Ньютон приводит мнение Кеплера о том, что хвосты отклоняются от Солнца под действием солнечного света, и делает следующее осторожное замечание о световом давлении: «Что нежнейшие испарения в свободных пространствах уступают действию лучей, не противоречит здравому смыслу, несмотря на то, что в наших областях грубые вещества не воспринимают заметных движений от действия лучей Солнца».

Изобретательская деятельность Ньютона в области оптических приборов не ограничилась отражающими телескопом и микроскопом.

В 1700 г. Ньютон передал астроному Галлею подробно разработанный проект отражательного прибора для быстрого измерения на море видимых расстояний Луны от неподвижных звезд. Идея прибора следующая. Зрительная труба устанавливается на некоторую звезду. Половина отверстия объектива трубы закрыта зеркалом, поставленным под углом в 45° к объективу. Изображение края лунного диска ловится на другое зеркало, находящееся над первым. Это второе зеркало соединено с длинной стрелкой и может вращаться; угол поворота стрелки отсчитывается по разделенному квадранту. Зеркало вращается до тех пор, пока изображение края Луны не попадет на первое зеркало перед объективом и не будет замечено глазом. Глаз увидит сразу звезду и край Луны, которые дальнейшим вращением зеркала можно привести в соприкосновение. По углу поворота зеркала можно достаточно быстро и точно определить угловое расстояние Луны и данной звезды. В этом приборе легко узнать морской секстант, имеющий широкое распространение во флоте до сих пор. Описание прибора почему-то не было опубликовано и увидало свет только в 1742 г., после смерти Ньютона. Независимо от Ньютона в 1731 г. прибор был конструирован Гадлеем.

Ньютон часто и охотно как в «Оптике», так и в частных письмах разбирал вопросы физиологической оптики, о связи раздражений и возбуждения, о нервах как проводниках колебательных движений, вызываемых светом, о зрении двумя глазами, об анатомии глаза. Сохранился большой чертеж разреза овечьего глаза, сделанный Ньюто-

ном с точными указаниями натуральных размеров. При изучении этого биологического объекта Ньютон не отступил от своей привычки к точным измерениям. В письме к философу Локку в 1691 г. Ньютон живо описывает опасный опыт с «последовательными образами», сделанный им над собственными глазами. «Было это так, — пишет он, — я очень недолго глядел правым глазом на Солнце в зеркале, а затем направил глаза в темный угол, моргая при этом, чтобы наблюдать, получаются ли образ и цветные круги, его окружающие... Это я повторил второй и третий раз. В третий раз, когда этот призрак света и окружающих цветов готов был совсем исчезнуть, я напряг свое воображение, чтобы рассмотреть их напоследок, и тогда увидел к изумлению, что образы начали возвращаться и понемногу стали столь же живыми и яркими, какими они были непосредственно после того, как я глядел на Солнце... Еще более странным оказалось то, что хотя я глядел на Солнце только правым глазом, а не левым, однако мое воображение начинало создавать этот образ в моем левом глазу так же, как и в правом... В течение немногих часов я довел мои глаза до того, что я уже не мог глядеть ни на какой яркий предмет ни тем, ни другим глазом без того, чтобы Солнце не появлялось передо мной, так что я уже не решался ни читать, ни писать. А поэтому для восстановления своего зрения я заперся на три дня в затемненной комнате, использовав все средства, чтобы отвлечь свое воображение от Солнца... Воздерживаясь еще в течение нескольких дней от смотрения на яркие предметы, я восстановил довольно хорошо свои глаза, хотя и не вполне, так как еще в течение нескольких месяцев образ Солнца начинал возвращаться, как только я начинал размышлять об этом явлении, хотя бы я находился у себя в кровати в полночь с задернутыми шторами».

Некий д-р Маддок обратился к Ньютону с вопросом о том, не могут ли существовать лучи, не действующие на глаз, и сообщал свои фантазии о таких «темных лучах». Вопрос, конечно, наводил на эксперимент, но в эти годы Ньютон уже перестал экспериментировать, и он ответил, что до тех пор, пока не будут выяснены законы преломления этих лучей, существование их сомнительно.

Таким образом, к сожалению, открытие инфракрасных и ультрафиолетовых лучей отодвигалось больше чем на столетие.

В письме к Флэмстиду из Лондона 10 августа 1691 г. Ньютон, между прочим, обращается к нему со следующей просьбой: «Я был бы очень рад узнать от Вас (при наблюдении затмения спутников Юпитера в длинный телескоп), какова окраска спутника непосредственно в момент исчезновения, красная или синяя, становится ли она более яркой или более бледной, чем раньше?» Ясно, что Ньютон хотел узнать, одинакова ли скорость распространения света для различных цветов в межпланетном пространстве. Вследствие большого расстояния Юпитера от Земли даже очень малая разность в скоростях света для разных частей спектра вызвала бы резкое изменение окраски спутника в момент затмения. Вопрос о такой возможной дисперсии света в пространстве был поставлен вновь в XIX в. и получил снова отрицательный ответ.

Напряженная работа Ньютона по вопросам оптики продолжалась приблизительно 16 лет (1664—1680). Позднее к оптике Ньютон возвращается только эпизодически и случайно.

За 16 лет было совершено огромное дело. Физическая оптика до Ньютона оставалась хаотическим нагромождением разрозненных наблюдений, без всякой мало-мальски правдоподобной системы, не говоря уже о теории. Из рук Ньютона учение о свете вышло с громадным новым количественным и качественным содержанием. Ньютонова теория света и цветов с достоверностью объединяла и объясняла многое, намеренно оставляя, однако, неразрешенным вопрос о природе света. Теория Ньютона сохранила свое значение (притом не только «историческое», а самое обычное) до наших дней. Этим она обязана безукоризненному методу Ньютона, соединяющему количественный опыт и логику с минимальным произволом гипотетических предположений.

Впрочем в своих оптических сочинениях Ньютон одновременно показал себя блестящим мастером гипотез, несомненно превосходившим и в этом искусстве большинство своих современников. Но гипотетические построения Ньютона в большинстве случаев не выдержали испы-

тания времени и в лучшем случае сохранили значение гениальных догадок.

Опыт как необходимый и основной метод изучения природы, конечно, применялся в физике и других науках с незапамятных времен, но почти всегда это был опыт пассивного наблюдения, в лучшем случае сопровождавшегося количественными измерениями. Ньютон сумел превратить экспериментальный метод в активный: посредством него можно было ставить природе вопросы и получать на них ответы. «Оптика» Ньютона сделалась для последующих поколений школой эксперимента не только в области световых явлений, но во всех разделах естествознания.

Однако действительная судьба оптических работ Ньютона за 270 лет, прошедших со времени их опубликования, была переменчива. На ряду с продолжателями и учениками время от времени находились люди, подвергавшие сомнению правильность опытов Ньютона. Иезуит Кастель мог, например, в 1743 г. писать: «Нужно думать, что Ньютон никогда не рассматривал предметы через призму, а видел их только на бумаге, весьма удаленной от призмы, после пересечения лучей». Гёте в своем объемистом «Учении о цветах» в 1808 г. давал следующую характеристику работ Ньютона в области света: «Мы застаем это восьмое чудо света оставленной руиной, которая грозит обрушиться, и начинаем сносить шпили и крыши, чтобы Солнце, наконец, заглянуло в это старое гнездо сов и мышей и осветило пораженному страннику бессвязный лабиринт, тесноту, случайное нагромождение, намеренную искусственность и жалкую штопку». Этот наскок великого поэта кончился, однако, полным поражением Гёте. Старый зáмок оптики Ньютона грозен и сегодня со всеми его архаизмами, ибо построен он на самом прочном фундаменте на свете — на рациональном опыте.

Очень часто Ньютона считают автором и главным защитником эмиссионной, корпускулярной теории света. Мы видели, что это не верно. Ньютон полагал неприемлемой чисто волновую теорию света и теорию Декарта, выставляя ряд фактов, которые волновая теория объяснить была не в состоянии. Компромиссная теория, связывающая некоторые преимущества волновой и эмиссионной теорий,

выдвигалась Ньютоном без всякой настойчивости. Она была нужна не столько Ньютону, сколько «любителям гипотез». Ньютон не разрабатывал ее и не считал это нужным. Короче говоря, у Ньютона не было определенной гипотезы о природе света, потому что ни одну гипотезу он не считал необходимо и однозначно вытекающей из опыта. Между тем именно фиктивная эмиссионная теория света Ньютона служила главной мишенью нападения для физиков XVIII в. На этом поприще подвизались Эйлер, Ломоносов и многие другие. Критика была легка, и этот «воздушный за́мок» сдавался без сопротивления. С другой стороны, у корпускулярной гипотезы были свои бесспорные методические преимущества, особенно понятные в наше время, когда эта гипотеза, хотя и в неявной форме, применяется и дает результаты, опережающие опыт, а в этом прежде всего польза всякой гипотезы.

На ряду с телескопом другой научной новостью, интересовавшей многих в XVII в., был воздушный насос, недавно построенный магдебургским бургомистром Отто фон Герике. Насос делал доступным изучению газообразное состояние вещества, казавшееся таинственным по своей неощутимости и бесформенности. Особенно много опытами с насосом занимался Бойль с Гуком в качестве ассистента. В кругах Королевского Общества эти опыты служили постоянным предметом демонстраций и обсуждений. В переписке Ньютона с Бойлем опыты с воздушным насосом — основная тема.

Несомненно, что на почве «пневматических опытов» возникли и созрели мысли Ньютона об эфире, составляющие лейтмотив его научных высказываний в семидесятые годы. Представление об эфире возникло как естественная экстраполяция опытов с воздушным насосом. Основная тема длинного «гипотетического» мемуара Ньютона, написанного в 1675 г., о котором говорилось в шестой и седьмой главах, был, конечно, эфир. Что понимал Ньютон под этим словом? Он отвечает на этот вопрос достаточно ясно такими словами: «В гипотезе необходимо допустить существование эфирной среды, весьма сходной по строению с воздухом, но гораздо более редкой, более тонкой и более упругой. Немаловажным доводом в пользу существования этой среды служит движение маятника

в стеклянном сосуде, лишенном воздуха, затухающее почти так же быстро, как и на открытом воздухе». Таким образом, эфир, по Ньютону, это — газ очень малой плотности. Далее он приводит доводы в пользу того, что эфир состоит из различных «эфирных ду́хов», наподобие воздуха, составленного из инертной массы воздуха, смешанной с разными «парами и испарениями». Ближе понятие эфира у Ньютона не уточняется. Этот эфир Ньютона очень похож на эфир по представлениям Д. И. Менделеева. Менделеев даже указывал место для эфира в периодической системе химических элементов и называл его «ньютонием».

Такой эфир, по предположению Ньютона в семидесятые годы, мог служить началом всех вещей. «Возможно,— писал он,— что все сооружение природы не что иное, как различные сочетания некоторых определенных эфирных ду́хов или паров, как бы сгущенных осаждением, весьма сходно с тем, как пары сгущаются в воду». Эфир, по Ньютону, может объяснить динамику явлений, в частности падения тел: «Огромное тело Земли,— пишет он,— в котором повсюду, во всех его частях, может быть, до самой середины, происходит вечная работа, может непрерывно сгущать столь большое количество этого духа, что для пополнения запасов вызывает его опускание сверху с огромной быстротой; при таком опускании эфир может уносить вместе с собой и тела, пронизанные им, с силой, пропорциональной поверхности всех частиц, на которые он действует... Возможно, что и Солнце, подобно Земле, обильно впитывает этот дух для поддержания сияния своего и для удержания планет от дальнейшего удаления от него». Далее, Ньютон, как если бы он был представителем чисто волновых воззрений на природу света, предполагает, что «эфир, подобно воздуху, способен к колебаниям, но гораздо более быстрым и мелким». По мнению Ньютона, колебания в эфире следуют друг за другом на расстоянии менее одной стотысячной дюйма (т. е. $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ см). Эта величина, очевидно, взята из опытов с интерференционными кольцами и соответствует половине длины волны. Рассуждая по аналогии со звуком, Ньютон полагает, что эфирные колебания отличаются по величине, но не по скорости. Ранее уже говорилось, каким образом представления об эфире применены Ньютоном для объяснения явлений от-

ражения и преломления света, интерференционных колец и диффракции. Эфирными потоками объясняются также, по Ньютону, явления электростатических притяжений и отталкивания, процессы растворения, сжимание и растягивание мускулов и пр.

Эта концепция не была мимолетным эпизодом. Через четыре года, в 1679 г., Ньютон в обширном письме к Бойлю вновь развивает ее с некоторыми вариациями, но сохраняя основное. Снова предполагается, что повсюду рассеяна некоторая эфирная субстанция, способная к сжатию и расширению, необычайно упругая, «одним словом, во всех отношениях похожая на воздух, но много тоньше его».

«Я предполагаю,— сообщает далее Ньютон Бойлю,— что этот эфир проникает во все большие тела, но он реже в порах этих тел, чем в свободном пространстве, и тем реже, чем эти поры меньше. В этом причина — предполагаю я вместе с другими [23]— преломления света при падении на такие тела к перпендикуляру, сцепления двух хорошо полированных металлов в приемнике, из коего выкачен воздух, стояния ртути вплоть до вершины стеклянной трубки, выше чем на 30 дюймов [24] и прилипания частей всех тел. В этом же причина фильтрации, подъема воды в узких стеклянных трубках над уровнем воды в окружающем сосуде. Ибо, полагаю я, эфир может быть реже не только в ничтожных порах тел, но даже и в очень заметных каналах этих трубок». Далее следует длинный перечень физико-химических и чисто химических явлений, объясняемых при помощи эфира.

Письмо кончается строками, посвященными тяготению. «Я прибавлю еще одну догадку,— пишет Ньютон,— которая пришла мне в голову при писании письма. Дело идет о причине тяжести. Для сего я предполагаю эфир состоящим из частей, непрерывно отличающихся одна от другой по тонкости. В порах тел меньше грубого эфира, чем тонкого, по сравнению с открытым пространством. Следовательно, в большом теле Земли значительно меньше грубого эфира, чем тонкого, по сравнению с воздушными областями. Грубый эфир воздуха действует на верхние области Земли, а тонкий эфир Земли на нижние области воздуха таким образом, что от верхних слоев воздуха к Земле и от поверхности Земли к ее центру эфир становится

все тоньше и тоньше. Вообразите теперь какое-нибудь тело висящим в воздухе или лежащим на Земле. Поскольку, по гипотезе, эфир грубее ее в порах тела наверху, чем в нижних частях, и грубый эфир менее способен находиться в своих порах, чем тонкий в своих, то он будет выходить и давать путь тонкому эфиру снизу, что не может происходить, если только тело не будет опускаться, освобождая место для выхода грубого эфира». Сравнивая вариант объяснения тяготения в мемуаре и в письме к Бойлю, можно заметить существенные отличия.

Ньютонов эфир семидесятых годов, заполняющий вселенную и вызывающий движениями своими, а также разностью плотностей и давлений все основные явления природы, близок декартову заполненному пространству, а иерархия «тонкостей» эфира сродни иерархии декартовских частиц; у Ньютона отсутствуют только декартовы вихри. Впоследствии, как видно из «вопросов» «Оптики», а также из «Начал», Ньютон решительно отказался от такого эфира, заполняющего пространство, оставив ему место только внутри тел и снаружи, вблизи поверхности.

Эпоха увлечения Ньютона гипотезой эфира с полным основанием может быть названа переходной. От оптических вопросов, которые были причиной возникновения этой гипотезы, Ньютон незаметно переходит к проблемам астрономии и механики, в значительной мере вовлекаемый в них оптической концепцией эфира. К началу восьмидесятых годов Ньютон занят почти полностью этим новым кругом вопросов.

Жизнь Ньютона в переходные годы также заметно изменилась. В 1675 г. кончался срок членства Ньютона в Тринити колледже; по уставу он должен был принять духовный сан или покинуть колледж. Это обстоятельство, повидимому, сильно его волновало и делало неопределенным будущее. Возможно, что по инициативе Барроу, который был в то время мастером колледжа, а, может быть, и самим Ньютоном было подано ходатайство королю о разрешении остаться членом колледжа до тех пор, пока за ним будет люкасовская кафедра. 2 марта 1675 г. из Уайтхолла последовало согласие, и с Ньютона была снята тяжелая забота. Для своего времени это королевское разрешение было знаком большого, необычайного внимания.

В 1677 г. Ньютон потерял своего учителя и друга И. Барроу, а в следующем 1678 г. умер секретарь Королевского Общества Ольденбург, переписка которого с Ньютоном служила главным каналом, посредством которого открытия Ньютона делались публичным достоянием.

Ольденбург (1626–1678), родом из Бремена, учился в Оксфорде, был некоторое время саксонским консулом. Со времени официального утверждения Королевского Общества (1662) стал его секретарем и вместе с Гуком очень много сделал для укрепления Общества, упорядочения его работы и издательской деятельности. Ольденбург вел огромную переписку, много способствовавшую развитию науки в Англии и других странах Европы; ему приходилось выступать в защиту Общества и свободной науки против недоброжелателей и мракобесов. В предисловии к V тому Philosophical Transactions, упрекая таких охотников останавливать колесо культурной истории, он ссылается на развитие науки во всех частях света. Русскому читателю поучительно прочитать у Ольденбурга такие строки о нашей родине в XVII в.: «Даже замерзающие московиты и русские восприняли это действенное брожение, и у них находят всяческое одобрение все истинные любители знания и добродетели» [25].

Смерть Ольденбурга грозила еще больше изолировать работу Ньютона от внешнего мира. На место Ольденбурга Общество избрало Грью и Гука, и переписка с Обществом должна была теперь вестись через Гука, мало приятного Ньютону.

Второй постоянный корреспондент Ньютона, Коллинс, имя которого уже упоминалось нами раньше, в 1676 г. тяжело заболел и прекратил переписку. Он умер в 1683 г. Научная замкнутость Ньютона возросла таким образом еще больше.

Даже долголетний сожитель Ньютона по комнате в Тринити колледже некий Джон Уикинс в 1684 г. переселился в другое место. Возможно, что Уикинс нравился Ньютону молчаливостью и «невмешательством» в его дела. Когда впоследствии Кондуитт обратился к сыну Уикинса за воспоминаниями его отца о Ньютоне, то получил очень скудные сведения: «Я слышал от отца,— пишет сын,— что он часто был свидетелем, как сэр Исаак, погруженный

в свои занятия, забывал о пище или подымался, удовлетворенный тем, что нашел какое-нибудь предложение; при этом у него не было никакого желания ложиться спать, как будто бы он потерял потребность в этом. Он поседел, думаю я, когда ему было около тридцати лет, и когда мой отец заметил ему, что это результаты глубокого умственного труда, то он шутливо ответил, что седая окраска появилась от частых опытов со ртутью».

Однако на смену старым связям в 1680 г. у Ньютона завязались знакомство и дружба совсем другого характера с молодым аристократом Чарльзом Монтэгю, принятым в Тринити колледж. Эта дружба продолжалась до смерти Монтэгю и имела очень большое значение в дальнейшей жизни Ньютона, особенно в более поздние годы, определив его переселение в Лондон и службу на Монетном дворе.

Свою угрозу «порвать с философией», высказанную Ольденбургу в рассматриваемые переходные годы, Ньютон в значительной мере привел в исполнение. Он ничего не печатал, а в научной переписке письмо к Бойлю об эфире является почти единственным, да и то в основном повторяющим мемуар 1675 г. Ньютон продолжал учебную деятельность по кафедре. Сохранились его лекции по алгебре и арифметике, читанные в течение десяти лет (1673–1683). Довольно часто ездил он в Вульсторп и, вероятно, очень много времени проводил в химической лаборатории. О прочем сведений нет.





ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

«Математические начала натуральной философии». Предшественники Ньютона. Новый спор с Гуком. Первое издание «Начал»

(1680—1687)

Переход Ньютона от оптических задач к механическим, как мы видели, был постепенным. В своих оптических работах Ньютон неизменно так или иначе касался вопросов о движении небесных тел и тяготении. Гипотеза эфира, выдвигавшаяся Ньютоном в семидесятых годах, обнимала в равной мере область оптических явлений и тяготение. Наконец, одновременное изучение оптики и тяготения было вообще весьма распространенным в половине XVII в. Система Декарта одинаково объясняла или, вернее, не объясняла движения планет и оптические законы. Учитель Ньютона, Барроу, работал одновременно в той и другой областях, но особенно тесно исследования по оптике и тяготению перемешивались у Гука и Гюйгенса. В этом смысле двойственность интересов Ньютона была обычной для эпохи.

Широко известен рассказ о том, что на открытие всемирного тяготения Ньютона навело неожиданное падение яблока с дерева в Вульсторпе. Рассказ этот, повидимому, достоверен и не является легендой. Стекелей передает следующую сцену, относящуюся к старости Ньютона: «После обеда (в Лондоне, у Ньютона) погода была жаркая; мы перешли в сад и пили чай под тенью нескольких яблонь; были только мы вдвоем. Между прочим сэр Исаак сказал мне, что точно в такой же обста-

новке он находился, когда впервые ему пришла в голову мысль о тяготении. Она была вызвана падением яблока, когда он сидел, погрузившись в думы. Почему яблоко всегда падает отвесно, подумал он про себя, почему не в сторону, а всегда к центру Земли. Должна существовать притягательная сила в материи, сосредоточенная в центре Земли. Если материя так тянет другую материю, то должна существовать пропорциональность ее количеству. Поэтому яблоко притягивает Землю так же, как Земля яблоко. Должна, следовательно, существовать сила, подобная той, которую мы называем тяжестью, простирающаяся по всей вселенной».

Рассказ Стекелея почему-то остался мало известным, зато по свету распространился аналогичный пересказ Вольтера со слов племянницы Ньютона. Рассказ понравился, стали показывать яблоню, будто бы послужившую поводом возникновения «Начал», поэты и философы воспользовались благодарной метафорой, сравнивая ньютоново яблоко с яблоком, погубившим Адама, или с яблоком Париса; людям, далеким от науки, понравилась простая механика возникновения сложной научной идеи. Не мало еще людей, которые знают о Ньютоне только то, что связано с этим рассказом о яблоке.

Нет оснований сомневаться в том, что в 1666 г. Ньютон занимался тяготением. Это была вообще очередная задача, и ею интересовались в то время многие. В письме к Галлею в 1686 г. Ньютон пишет вполне утвердительно, что уже в 1665 или в 1666 г. он вывел из законов Кеплера, что сила тяготения должна убывать обратно пропорционально квадрату расстояния между притягивающимися телами. В другом письме к Галлею от того же года Ньютон пишет следующее: «В бумагах, написанных более 15 лет тому назад (точно привести дату я не могу, но во всяком случае это было перед началом моей переписки с Ольденбургом), я выразил обратную квадратичную пропорциональность тяготения планет к Солнцу в зависимости от расстояния и вычислил правильное отношение земной тяжести и conatus recedendi (стремление) Луны к центру Земли, хотя и не совсем точно».

В бумагах Ньютона, кроме того, имеется следующая более подробная запись: «В том же году (1666) я начал

думать о тяготении, простирающемся до орбиты Луны, и нашел, как оценить силу, с которой шар, вращающийся внутри сферы, давит на поверхность этой сферы. Из правила Кеплера о том, что периоды планет находятся в полуторной пропорции к расстоянию от центров их орбит, я вывел, что силы, удерживающие планеты на их орбитах, должны быть в обратном отношении квадратов их расстояний от центров, вокруг коих они вращаются. Отсюда я сравнил силу, требующуюся для удержания Луны на ее орбите, с силой тяжести на поверхности Земли и нашел, что они почти отвечают друг другу. Все это происходило в два чумных года, 1665 и 1666, ибо в это время я был в расцвете моих изобретательских сил и думал о математике и философии больше чем когда-либо после». Во всяком случае, если в 1666 г. Ньютон мог вывести закон тяготения из законов Кеплера, то он должен был знать выражение центробежной силы, и, так сказать, вчерне «Начала» уже слагались у Ньютона-студента.

Как нередко случалось у Ньютона, без всяких видимых поводов вопрос о тяготении и другие механические проблемы были отложены надолго в сторону, и он целиком сосредоточился на оптических задачах. К механике Ньютон возвращается, повидимому, только около 1679 г., т. е. почти 15 лет спустя. Несмотря на отмеченную выше несомненную связь оптических и механических изысканий Ньютона и других физиков, его современников, переход для Ньютона был достаточно резким. Дело шло не только о перемене области изысканий, но и о новом методе. От опыта Ньютон переходил в область математической физики. В 1675 г. Коллинс писал Грегори, что «математические спекуляции кажутся теперь Барроу и Ньютону в конце концов сухими и бесплодными». В восьмидесятых годах, в эпоху издания «Начал», Ньютон, наоборот, любит называть себя математиком и дает заглавие самой книге — «Математические начала натуральной философии».

Ньютон соединял в себе качества гениального экспериментатора, теоретика и математика, однако в восьмидесятых годах приходится констатировать в нем явное изменение склонности к эксперименту на склонность к

математическим задачам. Ньютон продолжал химические работы, но к точному физическому опыту во всяком случае он возвращался очень редко.

Чтобы понять историческое место «Начал», нужна перспектива, нужно хотя бы кратко рассмотреть состояние механики, астрономии и учения о силе тяжести до Ньютона.

Настоящая постановка задачи стала возможной только со времени Коперника, при переходе от геоцентрической к гелиоцентрической системе мира. В запутанном видимом движении планет обнаружилась явная простота, и постановка механической задачи стала возможной. Со времени появления книги Коперника до опубликования «Начал» прошло почти полтора века. За это время сделано было многое. В 1609 г. Кеплер опубликовал два эмпирических закона движения планет, открытые им при обработке данных, относящихся к Марсу. З а к о н I: планеты движутся по эллипсам, в фокусе которых находится Солнце. З а к о н II: линия, соединяющая планету и Солнце, или радиус-вектор, описывает в равные времена равные площади (закон площадей). В 1618 г. Кеплер находит з а к о н III, связывающий движения различных планет вокруг Солнца: квадраты времен обращений планет пропорциональны кубам их средних расстояний от Солнца. Находится, таким образом, ясное математическое выражение для движения тел солнечной системы. Насколько точны эти эмпирические законы, можно судить по тому, что даже при современных тонких методах астрономических наблюдений только в движении ближайших к Солнцу планет обнаруживаются некоторые чрезвычайно малые отклонения от законов Кеплера (если только учтены так называемые возмущения, производимые другими планетами). Кеплер поставил астрономическую задачу вполне ясно и отчетливо. Каковы должны быть более общие законы природы, чтобы в результате могло сложиться движение, эмпирически описываемое законами Кеплера? Сам Кеплер искал эти законы и хотя ощупью, но близко подходил к истине. Механическая причина движения планет заложена, по Кеплеру, в Солнце, ибо, повидимому, чем дальше планета от Солнца, тем медленнее она движется; Солнце вращается вокруг неподвижной оси в том же

направлении, что и планеты, как бы увлекая их за собою. От Солнца по прямым линиям распространяется сила, заставляющая планеты вращаться вместе. Различие времен обращения планет происходит от уменьшения солнечной силы с расстоянием. Свет и сила, исходящие от Солнца, во многих отношениях схожи, но одновременно и различны. Свет излучается с поверхности и убывает с расстоянием, как поверхность (т. е. обратно пропорционально квадрату расстояний), сила же, исходящая от Солнца, по Кеплеру, убывает пропорционально расстоянию. Эта сила распространяется в отличие от света только в плоскости, в которой расположено Солнце и планеты, и не «тратится бесполезно» по другим направлениям.

В своем основном сочинении «Новая астрономия или небесная физика» (1609) Кеплер разбирает вопрос о тяжести тел. Тяжесть есть стремление к соединению родственных тел и подобна магнитному притяжению. Если бы два камня находились в таком месте, где не действуют другие тела, то они сошлись бы вместе, как два магнита. Точно так же Земля и Луна соединились бы друг с другом, если бы некоторая одушевленная сила не поддерживала Луну в постоянном вращении. Силу притяжения между Землей и Луной легко заметить по морским приливам. Вода перетекла бы целиком на Луну, если бы не удерживалась Землею. В этих догадках Кеплера не трудно, конечно, заметить предвестие теории Ньютона, но едва ли можно предполагать непосредственное влияние на него идей Кеплера, ибо в студенческие годы Ньютон изучал только оптические сочинения Кеплера.

На ряду с работами Кеплера результаты, достигнутые Галилеем при изучении законов падения тел, подготовляли Ньютону почву в другом направлении. Галилей был основателем рациональной динамики, т. е. учения о движении тел под действием сил. Великая заслуга Галилея заключалась в том, что он сумел рассмотреть в движении основное и отвлечься от привходящего, случайного. По Аристотелю, под действием силы тело будет двигаться прямолинейно с постоянной скоростью. Такое воззрение опиралось на примитивный опыт: под постоянным действием лошади воз катится по дороге прямолинейно и равномерно; если лошадь прекратит свое усилие, воз оста-

новится. Галилей сумел отделить в реальном движении случайные силы (трение, сопротивление воздуха и т. д.) и при изучении движения тел по наклонной плоскости пришел к заключению, что без действий сил тело будет двигаться равномерно или же останется в покое.

Значение этого вывода Галилея было вполне понято Декартом, причем Декарт указал, что движение без действия сил должно быть прямолинейным. Мы вернемся далее к этому основному закону механики в связи с формулировкой Ньютона. Галилей наметил и второй закон механики, закон независимости действия сил, который можно формулировать так: если на движущееся тело подействует новая сила, то новое движение сложится из прежнего движения и из того движения, которое данная сила сообщила бы покоящемуся телу. Принципы Галилея были блестяще использованы Гюйгенсом в его трактате Horologium oscillatorium (Часы с маятником) (1673). Предваряя Ньютона, Гюйгенс находит выражение центробежной силы, постоянство периодов кругового маятника, решает задачу об ударе упругих шаров и пр.

Законами Кеплера была поставлена определенная механическая задача. Законы Галилея устанавливали принципы, на основании которых задача должна была решаться; наконец, Гюйгенсом даны первые простейшие приемы решения динамических задач. Так это представляется нам теперь, когда мы всматриваемся в глубь истории науки, впервые же эта логическая схема была понята только Ньютоном. Невиданная способность выделять в сложности явлений физическую основу и математический гений Ньютона позволили ему решить задачу до конца. Таков скелет истории открытия закона всемирного тяготения.

На самом деле, как всегда, наука развивалась далеко не таким прямым путем. Наличие задачи чувствовалось многими, но аналитический метод никому не был под силу. Пробовали решать задачу обратным путем, исходя из определенной гипотезы относительно происхождения силы тяжести, или намечали только качественно тот путь, которым следовал и Ньютон. Ньютон называет в «Началах» имена Буллиальда[26], Борелли и Гука как своих предшественников. Книга Буллиальда, появившаяся в Па-

риже в 1645 г., являлась по существу очень консервативной. Автор становится на точку зрения Аристотеля, критикуя воззрения Кеплера. Для Ньютона являлось важным только замечание Буллиальда, что мнение Кеплера о том, что сила, исходящая от Солнца, распространяется только в плоскости вращения планет и, следовательно, убывает обратно пропорционально расстоянию от Солнца, не верно. По Буллиальду, сила должна распространяться от поверхности к поверхности и должна поэтому убывать обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца. Делая такое замечание, Буллиальд не становился, однако, на точку зрения гипотезы о существовании центральной силы, исходящей от Солнца.

Значительно существеннее для Ньютона были соображения, развитые итальянцем Борелли в 1666 г. Рассматривая движения планет и спутников Юпитера, Борелли заключал, что должно несомненно существовать некоторое естественное стремление небесных тел к соединению друг с другом. С другой стороны, вращательное движение вызывает в теле некоторое стремление от центра вращения. Если эти два стремления, одно направленное от Солнца, другое к Солнцу, равны между собою, то данная планета может двигаться только на определенном расстоянии от Солнца. Предположим, что в некоторый момент планета находится на таком расстоянии от Солнца и движется с такой скоростью, что центробежная сила меньше, чем стремление к Солнцу. Планета станет приближаться к Солнцу, переходя с круга большего радиуса на круг с меньшим радиусом, и достигнет такого места, где обе силы будут уравновешиваться. При этом планета, однако, сохраняет скорость, приобретенную при опускании к Солнцу (закон Галилея), и поэтому при своем обращении она попрежнему будет приближаться до тех пор, пока центробежная сила не преодолеет притяжения. Тогда планета станет удаляться от Солнца, пока не придет в исходное положение. Таким образом Борелли объясняет эллиптическое движение планеты вокруг Солнца.

Этой картине планетного движения нехватает только математической символики и определенного выражения для центробежной силы и силы тяготения. Отметим, однако, синтетический характер теории Борелли. Предполагается

наличие силы тяготения и отсюда делается заключение о замкнутом криволинейном движении планеты.

Ньютон шел, как увидим, обратным, аналитическим путем.

Связь силы тяжести и планетных движений становилась во всяком случае явной и до Ньютона. Еще в 1661 г., т. е. до официального утверждения, Королевское Общество в одном из заседаний поручило особой комиссии, в состав которой входил Бойль, исследовать вопрос о природе тяжести. В 1666 г. Гук, докладывая в Обществе о своих неудачных попытках найти зависимость веса тел от высоты над поверхностью Земли, предполагал, что сила тяготения подобна магнитной или электрической силе. Гук выводил отсюда необходимость уменьшения тяжести тел с расстоянием от центра Земли. В другом докладе в обществе, сделанном в том же 1666 г., двумя месяцами позже, Гук снова возвращается к вопросу о силе тяжести в связи с движениями планет. Криволинейность планетных орбит необходимо должна вызываться некоторой постоянно действующей силой. Стремление планет к центру может быть объяснено меньшей плотностью эфира около Солнца, чем вдали от него, или же тем, что центр обладает некоторым притягивающим свойством. Такое предположение должно объяснить движение планет на основании обычных механических принципов и позволит, может быть, как полагает Гук, вычислить по нескольким наблюдениям все движение планеты с величайшей точностью. Гук не был математиком, и «величайшая точность» в его устах была только благим, но невыполнимым желанием. Волей-неволей Гук прибегал к опыту, то пытаясь обнаружить закон тяготения прямым наблюдением изменения веса тел с высотою, то иллюстрируя эллиптическое движение планет движением конического маятника.

Восемь лет спустя, в 1674 г., Гук опубликовал большой мемуар под заглавием «Попытка доказательства годичного движения на основании наблюдений». В конце этой статьи Гук еще ближе подходит к истине: «Я изложу,— пишет Гук,— систему мира во многих частностях, отличающуюся от всех до сих пор известных систем, но во всех отношениях согласную с обычными механическими законами. Она связана с тремя предположениями.

Во-первых, все небесные тела производят притяжение к их центрам, притягивая не только свои части, как мы это наблюдали на Земле, но и другие небесные тела, находящиеся в сфере их действия. Таким образом, не только Солнце и Луна оказывают влияние на форму и движение Земли, а Земля на Луну и Солнце, но также Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн влияют на движение Земли; в свою очередь притяжение Земли действует на движение каждой планеты. Второе предположение состоит в том, что всякое тело, получившее однажды простое прямолинейное движение, продолжает двигаться по прямой до тех пор, пока не отклонится в своем движении другой действующей силой и не будет вынуждено описывать круг, эллипс или иную сложную линию. Третье предположение заключается в том, что притягивающие силы действуют тем больше, чем ближе тело, на которое они действуют, к центру притяжения. Что касается степени этой силы, то я не мог еще определить ее на опыте; но во всяком случае, как только эта степень станет известной, она чрезвычайно облегчит астрономам задачу нахождения закона небесных движений, без нее же это невозможно... Я хотел бы указать это тем, у которых есть время и достаточная сноровка для продолжения исследования и хватит прилежания для выполнения наблюдений и расчетов».

В 1679 г. Гук после смерти Ольденбурга сделался секретарем Королевского Общества и по этой должности обратился к Ньютону с просьбой прислать материал для журнала Общества. Гук писал, что ему известны попытки некоторых людей испортить отношения между ним и Ньютоном, но он надеется, что различие мнений не может стать причиной враждебности. «Со своей стороны,— писал Гук,— я почел бы большой честью, если бы Вы сообщили письмом Ваши возражения против любой моей гипотезы или мнения, в частности, если бы Вы ознакомили меня с Вашими мыслями о сложности небесных движений планет из прямого движения по касательной и притягательного движения к центральному телу». В этих строках Гука можно с полным основанием усмотреть непосредственный повод решительного перехода Ньютона

к проблемам механики и тяготения. В этом же письме Гук информирует Ньютона о новых геодезических измерениях во Франции, производившихся Пикаром, де-ла-Гиром, Кассини и Рёмером. На основании этих измерений можно было надеяться получить более точные значения диаметра Земли, а отсюда и расстояние до Луны, что имело большое значение для Ньютона.

Ньютон очень быстро ответил на письмо Гука, сожалея об отсутствии у него нового научного материала, так как последние полгода он проводил в деревне. Он напомнил, что несколько лет назад вынужден был перейти от «философских» занятий к другим и поэтому к «философии» обращался только изредка, в немногие часы для разнообразия. Поэтому он не слыхал об астрономических и прочих гипотезах Гука. Ньютон жалуется на отсутствие в Кэмбридже лиц, способных к астрономическим наблюдениям; сам он близорук и по здоровью своему, кроме того, не способен к таким занятиям, но впрочем готов зимой, в случае наличия досуга, заняться измерением разности широт между Кэмбриджем и Лондоном. Далее он предлагает новый способ определения суточного вращения Земли, состоящий в том, что тело, брошенное вниз с высоты башни, упадет не к подножью, но вследствие вращения Земли отклонится несколько к востоку. Такое явление должно принципиально действительно существовать, так как тело, брошенное с большой высоты вниз на вращающейся Земле, в начальный момент имеет горизонтальную слагаемую движения бо́льшую, чем на поверхности Земли. Если бы тело Земли не представляло препятствия для падающего камня, то камень, приближаясь к центру Земли, должен был бы, по Ньютону, двигаться по спирали. Ньютон приложил к письму рисунок от руки, поясняющий это.

Члены Королевского Общества приняли меры к проверке явления, указанного Ньютоном, хотя, повидимому, едва ли кто из них правильно понял то, что хотел сказать Ньютон. В конце концов Гук в январе 1680 г. сообщил Ньютону, что ему удалось произвести опыт, подтверждавший ожидания Ньютона. В действительности подтверждение было случайным и неверным, так как эффект слишком мал, чтобы его можно было наблюдать теми

грубыми средствами, которыми располагало в то время Общество.

Сообщая письмо Ньютона на заседании Общества, Гук не удержался, чтобы не выступить с критикой, утверждая, что тяжелое тело будет падать не по спирали, но по «эксцентрическому эллиптоиду» и что оно упадет не к востоку, а к юго-востоку, причем больше к югу, чем к востоку. Гук был прав в том отношении, что камень падал бы не по спирали и на лондонской широте не к востоку, а к юго-востоку. Но что подразумевал Гук под «эксцентрическим эллиптоидом», осталось его секретом. Недавно был найден ответ Ньютона на эти возражения Гука, написанный в корректной, но весьма сухой форме. Ньютон согласился с тем, что тяжелое тело падает к юго-востоку и что если силу тяжести принять однородной, то оно будет падать не по спирали, а более сложным образом.

В следующем письме Гука к Ньютону от 6 января 1680 г. он пишет, что его предположение состоит в том, что притяжение обратно пропорционально квадрату расстояния между центрами. Если связать в одно все предположения и мысли Гука о движении планет и тяготении, высказанные им в течение почти 20 лет, то мы встретим почти все главные выводы «Начал» Ньютона, только высказанные в неуверенной и мало доказательной форме. Не решая задачи, Гук нашел ее ответ. Вместе с тем перед нами вовсе не случайно брошенная мысль, но несомненно плод долголетней работы. У Гука была гениальная догадка физика-экспериментатора, прозревающего в лабиринте фактов истинные соотношения и законы природы. С подобной редкостной интуицией экспериментатора мы встречаемся в истории науки еще у Фарадея, но Гук и Фарадей не были математиками. Их дело было довершено Ньютоном и Максвеллом. Бесцельная борьба с Ньютоном за приоритет набросила тень на славное имя Гука, но истории пора, спустя почти три века, отдать должное каждому. Гук не мог итти прямой, безукоризненной дорогой «Математических начал» Ньютона, но своими окольными тропинками, следов которых нам теперь уже не найти, он пришел туда же.

Необходимость решения задачи объяснения планетных

движений становилась очевидней с каждым годом, но Ньютон молчал попрежнему, игнорируя «философию», занимаясь учебной работой, химией и вульсторпской фермой.

В 1685 г. Ньютон взял себе секретаря, однофамильца и земляка — Гэмфри Ньютона, рекомендованного руководителем грэнтэмской школы. Гэмфри прожил у Ньютона до 1689 г. и сообщил впоследствии Кондуитту сведения о жизни Ньютона за эти годы. «В это время он писал свои «Principia», — рассказывает Гэмфри, — по его распоряжению я переписывал это великолепное произведение, прежде чем послать в печать. После напечатания сэр Исаак послал меня с книгами для подарков начальствующим лицам в колледже и своим знакомым; кое-кто из них (в особенности доктор Бебингтон из Тринити) сказал, что надо лет семь учиться, прежде чем что-нибудь поймешь в этой книге.

Сэр Исаак был в это время очень любезным, спокойным и очень скромным и, повидимому, никогда не впадал в раздражение; за исключением одного случая я никогда не видел, чтобы он смеялся... Он постоянно был занят работой, редко ходил к кому-нибудь или принимал у себя гостей, за исключением двух-трех друзей — д-ра Эллиса, м-ра Лотона и химика м-ра Вигани. Он не позволял себе никакого отдыха и передышки, не ездил верхом, не гулял, не играл в кегли, не занимался спортом; он считал потерянным всякий час, не посвященный занятиям. Редко уходил он из своей комнаты, за исключением только тех случаев, когда ему надо было читать лекции как люкасовскому профессору. Лекции мало кто посещал и еще меньше того понимал. Часто приходилось читать перед пустыми стенами. Посторонних он принимал с простотой и почтением; если его приглашали на ужин или обед, что случалось очень редко, он с удовольствием устраивал ответное угощение. Занятиями увлекался он настолько, что часто забывал обедать. Нередко, заходя в его комнату, я находил обед нетронутым на столе, и только после моего напоминания он, стоя, что-нибудь съедал. Я никогда не видал, чтобы он садился за обед сам, без напоминания. В тех редких случаях, когда он принимал гостей, присутствовало главным образом начальство колледжа. Раньше двух-трех часов он редко ложился спать,

а в некоторых случаях засыпал только в пять, шесть часов утра. Спал он всего 4 или 5 часов, особенно осенью и весной, когда в его химической лаборатории ни днем ни ночью почти не прекращался огонь. Я не мог узнать, чего он искал в этих химических опытах, при выполнении которых он был очень точен и аккуратен; судя по его озабоченности и постоянной работе, думаю, что он стремился перейти черту человеческой силы и искусства[27]. У Ньютона в это время не было ни учеников, ни товарищей по комнате, которые помогали бы ему в работе. Только один раз за все время он был болен и пролежал несколько дней в постели; страдания он выносил с большим терпением, совершенно безразлично относясь к жизни и смерти.

В лаборатории сэра Исаака было много химических приборов, однако чаще всего он пользовался плавильными тиглями, в которых расплавлял свои металлы. Иногда он справлялся в старой истлевшей книге, лежавшей в его лаборатории и носившей название: «Agricola: De Metallis». Превращение металлов было главной целью, а сурьма главным ингредиентом... Иногда во время прогулки в саду Ньютон внезапно останавливался, взбегал по лестнице в свою комнату и, подобно Архимеду, начинал писать за своим пультом, забывая сесть...

Не найдя на лекции ни одного слушателя, Ньютон через четверть часа возвращался обратно. Он подолгу ходил в своей комнате взад и вперед, подобно ученику перипатетиков. Днем он никогда не спал. Думаю, его немало печалила необходимость тратить время на еду и сон. Хотя у него была большая библиотека, он редко справлялся в книгах».

Как говорилось, в годы службы Гэмфри создавались «Начала». Быть может, еще долго продолжалась бы эта упорная работа, которой никто в мире не подозревал, если бы не счастливая случайность. По словам Галлея, ему удалось в 1683 г. вывести из третьего закона Кеплера обратную квадратичную пропорциональность тяжести с расстоянием, но он не мог отсюда объяснить и вывести эллиптического движения светил. Архитектор Рен развивал воззрения, похожие на взгляды Гука, предполагая, что движение планет слагается из двух движений:

прямолинейного равномерного движения планеты и ее падения на Солнце. Во время встречи в одной из лондонских кофеен Рена с Гуком и Галлеем Рен предложил даже маленькую премию тому, кто докажет, что под действием силы, убывающей обратно пропорционально квадрату расстояния, возникает эллиптическое движение. Все трое были, повидимому, вполне уверены, что ответ на задачу не может быть иным. Затруднение было только в математике. Решить задачу, доказать теорему не мог никто. Оставалось одно—обратиться к всеведущему Ньютону.

В августе 1684 г. Галлей был в Кэмбридже и зашел к Ньютону. Во время разговора на волновавшую Галлея тему Ньютон заметил, что доказательство, которое искали Рен и Галлей, им уже закончено, и обещал Галлею прислать рукопись. В ноябре рукопись была в руках Галлея. Он, повидимому, сразу понял огромное значение новой работы Ньютона и немедленно снова направился в Кэмбридж с просьбою об опубликовании рукописи. 10 декабря 1684 г. Галлей докладывает Королевскому Обществу, что в скором времени Ньютоном будет прислан очень важный мемуар: «О движении». Рукопись действительно была получена в феврале 1685 г. По желанию Ньютона рукопись не была напечатана в журнале Общества, а только зарегистрирована на случай защиты приоритета. Рукопись первой книги «Начал» была получена только через год. В течение этого же года Ньютон ездил на довольно значительный срок в деревню, в Вульсторп. Ньютон как будто намеренно не торопился сообщать результаты своих изысканий. Между тем в Королевском Обществе нетерпеливо ждали рукописи. «28 апреля 1686 г. д-р Винцент передал,—как записано в протоколах заседаний Общества,—манускрипт Ньютона под заглавием «Principia mathematica philosophiae naturalis» (Математические начала естественной философии), где дается математическое доказательство гипотезы Коперника в том виде, как она была предложена Кеплером, и все небесные движения объясняются на основании единственного предположеня о тяготении к центру Солнца, обратно пропорциональном квадрату расстояния». В заседании Общества от 19 мая было решено напечатать труд на средства Общества четким шрифтом. Галлею было поручено наблюдение за изданием.

Печатание, однако, задерживалось за отсутствием у Общества нужных средств. В конце концов Галлею пришлось издавать «Начала» на свои деньги.

Значительно задержали печатание также претензии Гука. Эти претензии имели основания. Ньютон в первом варианте рукописи даже не упомянул имени Гука. В письме к Ньютону от 22 мая 1686 г. Галлей сообщает Ньютону, что Гук предъявляет свои права на открытие закона квадратичного убывания силы тяжести. «Он утверждает,— пишет Галлей,— что Вы заимствовали это понятие у него, хотя и соглашается, что доказательство кривой, образующейся вследствие этого, вполне Ваше собственное... Гук, повидимому, надеется, что в предисловии, которое, может быть, Вы предпошлете Вашему труду, Вы упомянете его имя». Ньютон чрезвычайно рассердился и в длинном ответе Галлею отрицал всякую заслугу Гука, обвиняя его в том, что он заимствовал свои утверждения у Борелли и, может быть, даже из писем его самого (Ньютона) к Гюйгенсу. Эти письма проходили через руки Ольденбурга, и Гук мог их видеть: «Из собственных слов Гука следует, что он не знал пути решения задачи. Математики, открывающие и определяющие все, должны удовлетворяться тем, что они только сухие счетчики и слабые работники, а кто-то другой, ничего не сделавший, но претендующий на все и все захватывающий, будет забирать все открытия себе». Ньютон, как мы уже говорили в начале главы, указывает, что закон квадратичного убывания тяжести был ему известен по крайней мере двадцать лет тому назад. Галлей пытался смягчить гнев Ньютона, и следующее письмо последнего написано уже в значительно более мирном тоне. Ньютон признает, что письмо Гука к нему от 1679 г. послужило поводом его работ по определению планетных движений, однако скоро он оставил эту работу, испытав найденный метод только на случай эллипса, и перешел к другим исследованиям. Работа возобновилась только после посещения Галлея в 1684 г. Ньютон соглашается сослаться на Гука в одном поучении (схолии) «Начал», указывая его имя на ряду с именами Рена и Галлея. На этом спор закончился. Ньютон был, очевидно, не прав: скромные желания Гука имели полное основание. Написать

«Начала» в XVII в. никто, кроме Ньютона, не мог, но нельзя оспаривать, что программа, план «Начал» был впервые набросан Гуком.

Во время спора с Гуком Ньютон был настолько расстроен новыми пререканиями, что хотел даже отказаться от печатания третьей книги «Начал», содержавшей применение физико-математических выводов к небесным движениям, и удержал эту часть и широкое заглавие книги только для большего ее распространения, чтобы оправдать расходы Галлея на издание.

Книга вышла в середине 1687 г. (рис. 23), издание разошлось быстро. Уже в 1691 г. она исчезла с книжного рынка.





ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

Физика принципов и физика гипотез. «Начала» Ньютона

В истории естествознания не было события более крупного, чем появление «Начал» Ньютона. Причина была в том, что эта книга подводила итоги всему сделанному за предшествующие тысячелетия в учении о простейших формах движения материи. Сложные перипетии развития механики, физики и астрономии, выраженные в именах Аристотеля, Птолемея, Коперника, Галилея, Кеплера, Декарта, поглощались и заменялись гениальной ясностью и стройностью «Начал».

Ньютоново учение о пространстве, времени, массах и силах давало общую схему для решения любых конкретных задач механики, физики и астрономии. Величественный пример системы мира, разобранный Ньютоном, увенчанный открытием всемирного тяготения, увлекал науку на этот новый путь, на применение ньютоновой схемы ко всем разделам физики. Возникла «классическая физика» по образу и подобию «Начал», продолжавшая свое победное развитие в течение веков до нашего времени. Таким образом было создано классическое учение о звуке, о теплоте, о состояниях вещества, бесчисленные прикладные науки, давшие основу могучей современной технике. «Начала» стали казаться многим последним принципиальным словом, на основе которого должно и может быть построено все здание науки.

В XIX в. ньютонова схема дополняется учением об электричестве и магнетизме Фарадея и Максвелла, не противоречащим этой схеме и только ее конкретизи-

рующим. Классическая физика конца XIX в. и начала нашего столетия стремится всюду провести схему элементарных масс (атомов, электронов), действующих друг на друга силами тяготения и электромагнитными. Так, в дополнение к классической механике, акустике, теплоте создается классическая электромагнитная оптика, и к концу XIX в. программа, намеченная в «Началах», кажется близкой к завершению.

Новое время, первые же годы XX в., разрушили, однако, эту многовековую иллюзию непререкаемости «Начал». Явления, связанные с распространением света и его действиями, с движением частиц с огромными скоростями, приближающимися к скорости света, и, наконец, область внутриатомных процессов с очевидностью показали недостаточность и ограниченность принципов, положенных в основу «Начал». Изменений потребовали, казалось бы, нерушимые основы ньютонизма — учение о пространстве, времени и массах, изменилось представление о взаимодействиях масс, возникла теория относительности и квантовая волновая механика — наследники «Начал».

Это не значит, что «Начала» изжиты и потеряли значение. Для огромного круга явлений, в особенности практического характера, классические принципы Ньютона полностью сохраняют и всегда будут сохранять свое значение. Механика Ньютона не противоречит механике теории относительности и квантовой механике, — она является только их предельным, крайним случаем. В этом смысле творение Ньютона вечно и никогда не потеряет огромного значения.

Заглавие книги Ньютона было до известной степени вызовом картезианцам. Воззрения Декарта в окончательном виде изложены в знаменитых «Началах философии», вышедших в 1644 г. Ньютон, сохраняя для своей книги заглавие Декарта, резко суживает задачу: «Математические начала натуральной философии». Определение физики как натуральной философии удержалось в Англии и по сие время и, быть может, является наиболее удачным и точным обозначением содержания этой науки. Говоря о «философии», в этом случае приходится принимать во внимание основной внешний ее признак, чрезвычайную общность ее выводов. Эпитет «натуральная»

ограничивает область ведения физики, определяемую опытом и наблюдением. Идеал физики, ньютоновской «натуральной философии» ясно выражен в следующих словах последнего «вопроса» «Оптики»: «Вывести из явлений два или три общих принципа движения и затем изложить, как из этих ясных принципов вытекают свойства и действия всех вещественных предметов, вот что было бы очень большим шагом вперед в философии, хотя бы причины этих принципов и не были еще открыты». Желание Ньютона — построить физику по образу и подобию геометрии. Из точно формулированных недоказуемых аксиом — принципов — логически, математическим путем должны вытекать теоремы и леммы. Принципы — аксиомы физики — доказуемы только опытом, они могут быть логически и не доказуемыми. Принципы — это обобщенные опытные факты. Правда, в этом по существу произвольном обобщении кроется элемент гипотезы и в самых «принципах».

Прославленный метод индукции Бэкона есть не что иное, как обобщение фактов — получение принципов. Этот прием составляет аналитическую часть физики принципов. Основная же ее задача — получение дедуктивным синтетическим путем логических следствий из принципов. Эти следствия необходимо должны выполняться на опыте, — иначе не верны самые принципы.

В отличие от физики принципов «гипотетическая» физика построена на произвольных предположениях, которые непосредственным опытом не доказаны, либо вообще не доказуемы. Таково было положение волнового воззрения на природу света у Гука и Гюйгенса. Непосредственным опытом обнаружить световые волны не удается; их существование предполагается по аналогии со звуком или волнами на воде; на основании этого объясняется ряд фактов. Молекулярная физика, молекулярная теория теплоты находились в таком же положении до конца XIX в. Структура гипотетической физики может быть столь же безупречной в логически-математическом отношении, как и физика принципов (например, кинетическая теория газов), однако нет гарантии, что в один прекрасный день исходная гипотеза прямым опытом не будет опровергнута, и все построение рушится (стоит

вспомнить историю «теплорода», электрической и магнитной жидкости, упругих световых колебаний и т. д.). Наоборот, физика принципов несокрушима: принципы могут обобщаться, несколько изменяться, дополняться, но рушиться полностью они не могут, поскольку они суть выражение прямого опыта. Так, дополняются и обобщаются в наше время принципы термодинамики, электродинамики и даже механики, однако, основной корпус построения остается при этом почти нетронутым.

Но к физической теории, помимо условия прочности, предъявляется еще требование плодотворности. Цель науки в конечном счете — все новые и новые следствия теоретического и практического значения. Эта цель одинаково может быть достигнута как физикой принципов, так и физикой гипотез. Очень часто последней доступно то, что недоступно первой. Термодинамика не в состоянии вполне заменить кинетической теории газов, классическая электродинамика — теории электронов и т. д.

Единой всеобъемлющей физики, вытекающей из немногих принципов или гипотез, еще нет; если же эта цель не достигнута, для исследователя одинаково ценны оба метода. Вопрос о преимуществах того или другого есть вопрос целесообразности, а иногда индивидуальной склонности. Склонности Ньютона ясны из всего того, что мы знаем о нем.

Обе черты характера Ньютона — крайняя сдержанность и медлительность при сообщении достигнутых им научных результатов и нелюбовь, даже презрение к гипотетическим построениям — были следствием одного и того же: исключительно высоких требований к самому себе, к своей продукции. Ньютон, конечно намеренно, много раз демонстрировал ученому миру свое умение строить гипотезы, но эти гипотетические экскурсы никогда не доводились до количественного конца, до всех практических и логических следствий. Ньютон почти с насмешкой приводил и развивал иногда противоположные и взаимно исключающие гипотезы (эфир в «вопросах» «Оптики»). Во втором издании «Начал» в последнем «Общем поучении» отношение Ньютона к гипотезам выражено особенно резко: «Я не измышляю гипотез (Hypotheses non fingo),— пишет семидесятилетний Ньютон в 1713 г.— Все же, что



Рис. 19. Собор св. Павла, построенный членом Королевского Общества Реном. В июле 1710 г. Ньютон производил опыты в этом соборе, сбрасывая с купола два шара: один — наполненный ртутью, другой — пустой (см. «Начала», книга 2-я). Приводимый снимок сделан в 1941 г. Вследствие зверской воздушной бомбардировки гитлеровской авиацией квартал около собора разрушен, при этом открылся непривычный вид на стройное здание Рена.

PHILOSOPHIÆ

NATURALIS

PRINCIPIA

MATHEMATICA.

Autore *JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheſeos Profeſſore *Lucaſiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.

S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.

Julii 5. 1686.

LONDINI,

Juſſu *Societatis Regiæ* ac Typis *Joſephi Streater.* Proſtat apud plures Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

Рис. 23. Титульный лист первого издания «Начал».

AXIOMATA

SIVE

LEGES MOTUS

Lex. I.

Corpus omne perſeverare in ſtatu ſuo quieſcendi vel movendi uniformiter in directum, niſi quatenus a viribus impreſſis cogitur ſtatum illum mutare.

PRojectilia perſeverant in motibus ſuis niſi quatenus a reſiſtentia aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorſum. Trochus, cujus partes cohærendo perpetuo retrahunt ſeſe a motibus rectilineis, non ceſſat rotari niſi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus ſuos & progreſſivos & circulares in ſpatiis minus reſiſtentibus factos conſervant diutius.

Lex. II.

Mutationem motus proportionalem eſſe vi motrici impreſſæ, & fieri ſecundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

Si vis aliqua motum quemvis generet, dupla duplum, tripla triplum generabit, ſive ſimul & ſemel, ſive gradatim & ſucceſſive impreſſa fuerit. Et hic motus quoniam in eandem ſemper plagam cum vi generatrice determinatur, ſi corpus antea movebatur, motui ejus vel conſpiranti additur, vel contrario ſubducitur, vel obliquo oblique adjicitur, & cum eo ſecundum utriuſq; determinationem componitur.

Lex. III.

Рис. 24. Страница из первого издания «Начал» с аксиомами или законами движения.

не выводится из явлений, должно называться гипотезою; гипотезам же метафизическим, физическим, механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии». Подобное же заявление, как мы видели, содержится и в «Оптике». В «Оптике» Ньютон пытался также не измышлять гипотез и отыскивать принципы; но этих принципов — явлений оказалось так много, что стройное математическое построение синтетической оптики было делом не выполнимым. Световой луч с «полюсами», с «припадками», с бесконечным разнообразием, характеризуемым цветностью, с своеобразными притягательными и отталкивательными свойствами, очевидно, нуждался в гипотезе, что и подтвердила история. В руках Юнга и Френеля все разнообразные свойства светового луча прекрасно соединились в гипотетическом понятии световой волны. «Оптика» была пробным камнем построения «физики принципов», первой ее аналитической частью — исканием самых принципов. В «Началах» в области механики выполнены обе задачи — аналитическая и синтетическая.

Нет возможности систематически изложить содержание «Начал» [28] в нашей небольшой книге, и мы ограничимся общей и выборочной характеристикой.

Прямая цель «Начал» — доказательство закона всемирного тяготения, как неизбежно вытекающего из применения принципов механики к движениям небесных тел. Эта неизбежность подготовляется с изумительным мастерством. План книги такой. Сначала вводятся определения основных физических понятий — массы, количества движения, силы и пр., затем идут аксиомы или законы движения. Книга первая — решение ряда динамических задач, относящихся к движению материальных точек и твердых тел. Решаются основные вопросы о законе центральной силы при заданной орбите и делаются попытки подойти и к обратной проблеме. Наряду с законом обратных квадратов в этих задачах фигурируют и другие законы. Цель второй книги — сокрушительный удар против вихревой теории Декарта, основная тема — гидродинамические и гидростатические задачи, законы движения тел в сопротивляющейся среде, волновое движение, простейшие случаи вихревых движений.

Одно время Ньютон, опасаясь утомительных споров,

хотел на этом и закончить первое издание книги по правилу: sapienti sat (понимающему достаточно). В таком виде она содержала ключ к решению астрономической задачи и жестокую критику господствующего воззрения Декарта, но для большинства современников Ньютона она осталась бы совершенно загадочной. Загадки разрешались третьей книгой «О системе мира». Но и здесь Ньютон идет очень осторожным путем, предпосылая выводам «Правила философских умозаключений» (Regulae philosophandi).

В первом издании «Начал» приведены три следующих правила:

«Правило I. Не должно требовать в природе других причин, сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений.

По этому поводу философы утверждают, что природа ничего не делает напрасно, но было бы напрасным совершать многим то, что может быть сделано меньшим. Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей.

Правило II. Посему, поскольку возможно, те же причины должно приписывать проявлениям природы одинакового рода.

Правило III. Такие свойства тел, которые не могут быть ни усиляемы, ни ослабляемы и которые оказываются присущими всем телам, над которыми возможно производить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще».

В третьем издании «Начал» прибавлено еще

«Правило IV. В экспериментальной философии предложения, выведенные из явлений помощью общей индукции, должны быть почитаемы за точные или приближенно верные, несмотря на возможность противных им гипотез, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточнятся или же окажутся подверженными исключениям.

Этому правилу должно следовать, чтобы доводы индукции не уничтожались гипотезами».

Перед нами снова программа физики принципов и отказ от гипотез. «Истинные причины» правила I и суть принципы. Цель «правил» ясна — указать тот путь, ко-

торый неизбежно приводит к закону всемирного тяготения.

Рассматривая основные явления движения планет, возмущающие действия соседних светил, анализируя так называемые неравенства в движении Луны, явления приливов, движения комет, Ньютон всюду находит подтверждение своего общего закона. Упорно и многократно Ньютон подчеркивает математический, формальный характер своей книги, избегая касаться вопроса о причине тяготения: «Довольно того,— пишет он в самом конце,— что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря». В другом месте «Начал» (Отдел XI, «Поучение») Ньютон высказывается еще определеннее: «Под словом «притяжение» я разумею здесь вообще какое бы то ни было стремление тел к взаимному движению, происходит ли это стремление от действия самих тел, которые или стараются приблизиться друг к другу, или приводят друг друга в движение посредством испускаемого ими эфира, или если это стремление вызывается эфиром, или воздухом, или вообще какою-либо средою, материальною или нематериальною, заставляющею погруженные в нее тела приводить друг друга в движение. В этом же смысле я употребляю и слово «импульс», исследуя в этом сочинении не виды сил и физические свойства их, а лишь их величины и математические соотношения между ними».

Задача, стоявшая перед Ньютоном, требовала новых математических методов; классическими приемами геометрии Эвклида нельзя было обойтись. Мы знаем, что эти новые методы Ньютона были найдены. Нет сомнения, что во время написания «Начал» Ньютон вполне владел приемами флюксионного исчисления и методом квадратур (дифференциальным и интегральным исчислением по терминологии Лейбница и Бернулли). Во втором отделе книги второй «Начал» Ньютон пользуется этими методами и дает несколько важных теорем. Тут же находится и знаменитое «Поучение», содержащее заявление приоритета Ньютона на изобретение метода флюксий, служившее позднее главным опорным пунктом в споре с Лейбницем, о чем будет речь ниже.

Однако метод флюксий в «Началах» реализован в очень малой степени. Вместо этого в начале первой книги излагается геометрический суррогат флюксионного исчисления: «Метод первых и последних отношений, при помощи которого последующее доказуется». Этот метод — геометрический метод пределов и проводится Ньютоном в «Началах» систематически. В результате доказательства порою чрезвычайно громоздки и плохо усваиваются современным читателем, в значительной мере отвыкшим от геометрии. По замечанию биографа Ньютона, математика де-Моргана, «Начала» дают многочисленные свидетельства необычайного пристрастия Ньютона к древней геометрии, поэтому они в некотором смысле для нас умерли. Если бы Ньютон следовал путем своего собственного изобретения и написал «Начала» при помощи метода флюксий, молодые студенты, воспитанные на современном анализе, читали бы книгу и по сей день и читали бы с интересом; на самом же деле они читают только одну, две главы «Начал», да и то только в Англии». Трудно сказать определенно, почему Ньютон не поступил по рецепту де-Моргана. Вероятнее всего, именно из тех же соображений, которые де-Морган приводит в пользу метода флюксий: публикуя в конце концов свои результаты, Ньютон естественно стремился к тому, чтобы его книга была понята, чтобы ее читали. Мы видели, например, насколько для этой же цели была упрощена Ньютоном «Оптика». Написанные при помощи методов флюксий и квадратур «Начала» остались бы для большинства ученых современников Ньютона книгой за семью печатями. Геометрические же «Начала» с трудом, но все же, хотя бы в некоторой степени, усваивались.

Ньютон несомненно много думал о том, в каком виде и изложении удобнее опубликовать «Начала». Об этом можно судить по первой книге, где Ньютон называет метод бесконечно малых трудным (durior), и по введению к третьей книге: «Я составил сперва... третью книгу, придерживаясь популярного изложения так, чтобы она читалась многими. Но затем, чтобы те, кто недостаточно понял начальные положения, а потому, совершенно не уяснив силы их следствий и не отбросив привычных им в продолжение многих лет предрассудков, не вовлекли

дело в пререкания, я переложил сущность этой книги в ряд предложений по математическому обычаю так, чтобы они читались лишь теми, кто сперва овладел принципами». Мы видим, что Ньютон избрал промежуточный путь: он отказался от широкой популяризации, опасаясь дилетантских пререканий широких кругов, но, для того чтобы быть понятым специалистами, пошел «по математическому обычаю». Предполагать, что Ньютон не сумел изложить «Начала» аналитически или же желал скрыть приемы практического применения метода флюксий, мы не имеем никаких оснований.

Так или иначе, математические приемы Ньютона имеют теперь во многом интерес только исторический. «Начала» остаются классическим образцом применения геометрического метода к решению сложных задач механики, но очень часто, именно благодаря методу, задача не могла быть решена до конца, или решалась в недостаточно общем виде. Но самый предмет применения геометрических приемов Ньютона — принципы механики и вытекающий из изучения астрономических явлений закон всемирного тяготения остаются центром живейшего интереса и в наше время.

Мы остановимся несколько подробнее именно на исходных пунктах «Начал» — определениях и аксиомах движения и окончательном выводе, законе всемирного тяготения. Наши основные понятия массы и силы созданы Ньютоном и настолько вошли в плоть и кровь ученого и просто грамотного человека, что кажутся прирожденными. Ньютон заставил века думать своими образами, двинул науку по своему пути, хотя были возможны пути иные. Для определения массы, количества движения и силы Ньютон устанавливает необходимые понятия времени, пространства, места и движения. «Эти понятия общеизвестны, — говорит Ньютон, — однако необходимо заметить, что они относятся обыкновенно к тому, что постигается нашими чувствами. Отсюда происходят неправильные суждения, для устранения которых необходимо вышеприведенные понятия разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные.

1. Абсолютное, истинное, математическое время само

по себе и по своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью. Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год.

II. Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным...

III. Место есть часть пространства, занимаемая телом, и по отношению к пространству бывает или абсолютным, или относительным...

IV. Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое, относительное — из относительного в относительное... Вместо абсолютных мест и движений пользуются относительными; в делах житейских это не представляет неудобства, в философских необходимо отвлечение от чувства. Может оказаться, что в действительности не существует покоящегося тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих».

Эти определения понятий абсолютного пространства и времени Ньютона давно стали рассматриваться скептически; критика достигла своей вершины в теории относительности Эйнштейна; они были, однако, совершенно необходимы Ньютону для построения механики, для выражения ее законов. Оправдание этих понятий — в справедливости принципов механики и их следствий, выраженных при помощи этих понятий.

Ньютон отнесся чрезвычайно осторожно к понятию абсолютного пространства и времени, пытаясь подойти к первому через ускоренное движение (например, круговое), сопровождающееся появлением центробежных сил. Критика Маха и общая теория относительности обнаружили недостаточность и этого аргумента. Но Ньютон сам был склонен к релятивизму: «Относительные количества, — пишет он, — не суть те самые количества, коих имена им обычно придаются, а суть лишь результаты измерений сказанных количеств (истинные или сложные), постигаемые

чувствами и принимаемые обычно за самые количества... Не мало засоряют математику и физику те, кто смешивает самые истинные количества с их отношениями и их обыденными мерами». Для Ньютона существовало, на ряду с математическим пространством и временем, физическое пространство и время, которым он был согласен приписать самые странные свойства. «Геометрия,— пишет Ньютон в предисловии к «Началам»,— не учит тому, как проводить прямые линии и круги, но постулирует выполнимость этих построений... Само по себе черчение прямой и круга составляет также задачу, но только не геометрическую. Геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как та часть общей механики, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения». Последняя фраза могла бы служить вполне подходящим эпиграфом для современных книг по теории относительности, если бы взять ее отдельно. Как физик Ньютон был релятивистом, как философ он признавал абсолютное пространство и время. Наряду с «механической геометрией» для него существовала другая воображаемая, но истинная, т. е. единственная геометрия Эвклида.

На основании определений Ньютон устанавливает три знаменитых аксиомы движения (рис. 24)[29]:

«I. *Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние.*

II. *Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.*

III. *Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе, взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны».*

Первый закон инерции выражен в явно относительной форме. Состояние покоя или прямолинейного равномерного движения равноправны, в зависимости от состояния движения тела, с которого производится наблюдение. С другой стороны, ускоренное движение, по Ньютону, всегда может быть обнаружено абсолютно благодаря возникающим силам (например, центробежной силе), вызы-

вающим различные действия. Ньютон вполне учитывал, как мы уже видели, что «может оказаться, что в действительности не существует покоящегося тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих», и закон инерции не будет иметь абсолютного значения. Бесконечные споры о формулировке закона инерции во второй половине прошлого века имели предметом главным образом бесплодные поиски абсолютной формулировки закона: движение пытались относить к гипотетическому «телу α», центру инерции вселенной, эфиру. Ясно, однако, что относительный закон инерции формулируется безукоризненно, если только имеется возможность отличить равномерное прямолинейное движение от ускоренного. В современной теории относительности эта возможность исключается, и принцип инерции заменяется более общим законом, который приблизительно можно выразить так: движение тела по инерции происходит по «геодезическим» кратчайшим линиям, при этом подразумеваются «линии» в четырехмерном пространственно-временном многообразии переменной кривизны. Переменная кривизна вызывается распределением масс.

Весьма замечательно, что понятие «массы» не входит в явной форме в формулировку ни одного из трех принципов Ньютона. Сила во втором законе определяется через изменение количества движения Δmv, где Δ – знак изменения, m — масса, v — скорость. Математически этот закон можно выразить так:

$$\Delta(mv) = F\Delta t, \tag{1}$$

где F — сила, Δt — промежуток времени, в течение которого происходит данное изменение количества движения. Переписывая это равенство иначе, находим такое определение силы:

$$F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t}, \tag{2}$$

В этом выражении изменение количества движения $\Delta(mv)$ может рассматриваться как величина совершенно самостоятельная—импульс, измеряемая и ощущаемая нами совершенно независимо от массы и скорости. Если смотреть на второй закон Ньютона как на определение массы

при помощи силы, то понятие массы может весьма обобщиться. П. Н. Лебедев доказал на опыте, что свет оказывает давление на встречные тела, т. е. несет с собою импульс. Величина такого давления, производимого на черную площадку в 1 см², будет $\frac{\varepsilon}{c}$, где ε — энергия света, падающая в 1 сек., c — скорость света. По второму закону Ньютона (1) всякий импульс, в том числе, конечно, и световое давление, соответствует изменению количества движения $\Delta(mv)$. В случае света, падающего на черную площадку, начальная скорость света c; поглощаясь на площадке, свет «останавливается», конечная скорость равна нулю; следовательно, по второму закону Ньютона:

$$\Delta(mv) = mc - m_0 = \frac{\varepsilon}{c},$$

откуда определяем «массу света»:

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2}. \qquad (3)$$

Таким образом, применяя к свету закон Ньютона, мы должны приписать свету массу. Если любой форме энергии, в частности энергии движения, приписать ту же «массу», то не трудно вывести, что масса тела m, движущегося со скоростью v, будет отличаться от массы покоящегося тела m_0, именно

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \qquad (4)$$

Масса становится величиной относительной, поскольку мы ни в одном случае не можем с уверенностью сказать, каково значение абсолютной скорости v. Эти следствия, извлекаемые из второго закона Ньютона, написанного в общей форме (1), совпадают с выводами теории относительности Эйнштейна. С этой точки зрения мы можем сказать, что закон (1) сохраняет свою силу и в «новой механике» теории относительности. Если предположить, однако, с самого начала, что m от скорости не зависит,

как мы это можем утверждать на основании опыта по крайней мере для механических движений, происходящих с небольшими скоростями, то уравнение (2) перепишется в привычной форме.

Первый и второй законы в отношении практических приложений были усмотрены еще Галилеем и Декартом; Ньютону принадлежит их общая, необычайно осторожная формулировка, оценить которую по достоинству можно только теперь, после возникновения теории относительности. Третий закон сам Ньютон связывает с именем Гюйгенса, однако только в «Началах» мы впервые встречаемся с ясной и общей формулировкой закона действия и противодействия.

О проницательности Ньютона при установлении принципов механики можно судить хотя бы по тому, что и в наше время закон действия и противодействия усваивается начинающими весьма плохо, больше формально запоминается, чем понимается. Это — закон, целиком заимствованный из опыта и обобщенный надлежащим образом. В письме к Котсу по поводу второго издания «Начал» Ньютон дает такое пояснение третьему закону: «Если бы некоторое тело могло притягивать другое, расположенное поблизости, но не притягивалось бы само с такою же силой этим последним, то тело, притягивающее менее сильно, погнало бы другое перед собой, и оба они начали бы двигаться с ускорением ad infinitum (до бесконечности), что противоречит первому закону движения».

Применяя свои принципы к движениям планет и комет, к своеобразному движению Луны, явлениям падения тел на земной поверхности, к приливам и т. д., Ньютон совершенно однозначным путем пришел к закону всемирного тяготения.

Напомнив в начале третьей книги основные эмпирические законы движения спутников Юпитера и Сатурна, самих планет и Луны, Ньютон на основании выводов в первой книге «Начал» доказывает, что во всех этих движениях сила, направленная от центрального светила к спутнику, убывает обратно пропорционально квадратам расстояний. Центральным пунктом третьей книги является расчет, из которого следует, что Луна удерживается на своей орбите тою же силой тяготения, под действием

которой падают тяжелые тела на поверхности Земли. Вычисляя из элементов лунного движения ускорение центростремительной силы, Ньютон получил величину в 3600 раз меньшую, чем ускорение силы тяжести на Земле. С другой стороны, Луна удалена от Земли на расстояние приблизительно в 60 земных радиусов. По закону обратных квадратов ускорение силы тяжести Земли на Луне будет в $(60)^2 = 3600$ раз меньше, чем на земной поверхности.

В связи с этим расчетом, являющимся решающим в теории всемирного тяготения, Био, а за ним и большинство других биографов Ньютона передают со слов отчасти Вольтера, отчасти Робинзона (1739–1805) следующий рассказ. Знаменитое яблоко заставило Ньютона задуматься о силе тяжести, и вскоре (т. е. в шестидесятых годах XVII в.) он уже установил, что у падения тел и движения Луны одна и та же причина. Ньютона останавливало только некоторое расхождение в значениях ускорения силы тяжести на поверхности Земли, находимых на опыте и вычисленных из лунного движения. Только в 1682 г., присутствуя на заседании Королевского Общества, Ньютон узнал будто бы о новых измерениях величины градуса меридиана, произведенных во Франции Пикаром. Вернувшись с заседания домой, Ньютон немедленно приступил к перечислению на основании новых данных своих прежних расчетов. Волнение его при этом будто бы было так сильно, что Ньютон сам не мог кончить этих (весьма простых) вычислений и передал их своему другу. Вычисления вполне подтвердили ожидания Ньютона. Все детали этого рассказа очень сомнительны. Измерения Пикара были известны Королевскому Обществу еще в 1675 г., в 1679 г. о них Ньютону сообщил Гук, как об этом уже говорилось; о существовании у Ньютона друзей до 1682 г., которым он мог бы поручить вычисления, также не известно. С другой стороны, нет никаких оснований, как мы уже говорили в предыдущей главе, отрицать возможность того, что уже в шестидесятых годах у Ньютона существовало предположение о всемирном тяготении. Ньютон мог годами и десятилетиями хранить свои открытия неопубликованными, как это мы знаем по его оптическим и математическим работам.

Кэджори детально анализировал в 1927 г. различ-

ные возможные причины задержки Ньютоном публикации его открытия. Он приходит к выводу, что главная причина состояла в том, что Ньютон долгое время не умел решить задачи о притяжении сферой внешней точки. Простое решение, состоящее в том, что такая сфера может быть заменена точкой в центре с массой всей сферы, было найдено Ньютоном много позднее.

Изучение лунного движения дало Ньютону доказательство не только формального сходства закона центральных сил, определяющих движение планет, комет, спутников, с одной стороны, и явления падения, с другой, но их полного тождества.

Опыты Ньютона с маятником, груз которого в одном случае был деревянным, в другом золотым, доказали с точностью до 0,001, что вес тел пропорционален их инерции, независимо от формы и состава тела. Этот фундаментальный факт в учении о тяготении проверялся в 1828 г. Бесселем с еще большей точностью. Некоторые отклонения, лежащие, правда, на пороге точности метода, были отмечены Бесселем только для воды; исследования последнего времени обнаружили, однако, и здесь полную пропорциональность инертной и тяжелой масс. С другой стороны, венгерский физик Этвеш особым методом доказал указанную пропорциональность для большого числа твердых тел с громадной точностью, достигающей 0,000000001.

Ньютон приходит далее к выводу, что «тяготение ко всей планете происходит и слагается из тяготений к отдельным частям ее», т. е. с любой частицей, сколь бы ни мала была последняя, связывается сила тяготения. Собирая все указанные свойства силы тяготения, мы получаем известное ее математическое выражение:

$$F=k\cdot\frac{m_1m_2}{r^2}, \tag{5}$$

где F — сила тяготения, m_1, m_2 — какие угодно две массы, находящиеся на расстоянии r, k — универсальная постоянная, не зависящая ни от формы, ни от состава вещества, ни от каких-либо иных физических факторов. В этом знаменательное отличие силы тяготения от электрических, магнитных и прочих сил. Подобно центробежной силе,

тяготение всецело определяется инертной массой тела.

«Сила тяжести, — пишет Ньютон, — иного рода, нежели сила магнитная, ибо магнитное притяжение не пропорционально притягиваемой массе... Магнитная сила в том же самом теле может быть увеличиваема и уменьшаема. При удалении от магнита она убывает не обратно пропорционально квадратам расстояний, а ближе к кубам, поскольку я мог судить по некоторым грубым опытам». Это короткое замечание указывает, что Ньютон занимался экспериментальным изучением магнитных явлений, причем был весьма близок к открытию основного закона магнетизма (закон Кулона). Всякий реальный магнит — двухполюсный. Если расстояние между полюсами мало в сравнении с расстоянием от магнита, на котором изучается величина магнитной силы, то слагающая сил обоих полюсов будет убывать приблизительно обратно пропорционально кубу расстояний. Если, наоборот, приблизиться к одному из полюсов магнита на расстояние значительно меньшее, чем расстояние между полюсами, то магнитная сила будет убывать приблизительно обратно пропорционально квадрату расстояний.

Установив универсальность закона тяготения, Ньютон замечает: «Если кто возразит, что все тела, находящиеся около нас, по этому закону должны бы тяготеть друг к другу, тогда как такого рода тяготение совершенно не ощущается, то я на это отвечу, что тяготение к этим телам, будучи во столько же раз меньше тяготения к Земле, во сколько раз масса тела меньше массы всей Земли, окажется гораздо меньше такого, которое могло бы быть ощущаемо». Кэвендиш в 1798 г. устранил возможность и такого возражения, измерив на опыте при помощи так называемых крутильных весов тяготение между двумя небольшими шарами. Бойс усовершенствовал метод Кэвендиша и сделал наблюдение тяготения столь доступным, что оно теперь легко демонстрируется на лекциях на ряду с магнитными и электрическими притяжениями. Величина постоянной тяготения в уравнении (5) оказывается равной $6,67 \cdot 10^{-8}$ (в системе сантиметр, грамм, секунда).

Существенно новый и крайне важный шаг вперед в экспериментальном изучении тяготения со времен Ньютона был сделан только в 1919 г. На основании пред-

сказания Эйнштейна, основанного на выводах общей теории относительности, английские астрономы Эддингтон, Кроммелин и Дэвидсон обнаружили во время солнечного затмения 29 мая отклонение световых лучей от их прямолинейного пути при прохождении около тяжелого тела (Солнца). Это наблюдение было подтверждено во время нескольких последующих полных солнечных затмений. Световые лучи, проходя около тяжелого тела, притягиваются им до известной степени, подобно тому как планеты и кометы притягиваются Солнцем. Отклонение это даже для Солнца ничтожно мало, но тем не менее оно может быть измерено.

Закон тяготения выведен Ньютоном на основании применения трех принципов, приведенных выше, к астрономическим и физическим наблюдениям. В итоге получился новый, снова опытный физический принцип. История астрономии в XVIII и XIX вв. была непрерывающимся рядом триумфов теории тяготения Ньютона. Закон Ньютона выполняется на громадных расстояниях (свыше 4500 млн. км) всей солнечной системы. Движения так называемых двойных звезд, лежащих далеко за пределами солнечной системы, также подчиняются закону тяготения. В 1941 г. ван де-Кумп и Д. Хоффлейт, изучая движения трех звезд в созвездии 26-Draconis, констатировали точное выполнение закона тяготения. Из трех звезд две относительно близки друг к другу, а третья отстоит от них на расстоянии в 25 000 раз большем, чем Земля от Солнца. Среднее же расстояние всей системы 26-Draconis от Земли составляет 30 световых лет!

Другим замечательным примером испытания закона Ньютона могут служить наблюдения над скоплениями или «кучами» отдельных туманностей или звезд [30].

Рассмотрим сферическое скопление, расположенное в созвездии Комы. От Земли оно удалено на чудовищное расстояние около 45 миллионов световых лет (т. е. приблизительно в миллион раз дальше, чем только что упоминавшиеся двойные звезды). В скоплении Комы содержатся тысячи отдельных туманностей, каждая из которых по своей абсолютной яркости в 100 миллионов раз превосходит наше Солнце. Эти туманности рассеяны по сфере с диаметром около 5 миллионов световых лет.

Для таких скоплений, сдерживаемых всемирным тяготением и подчиняющихся закону Ньютона, в центре сферы концентрация, разумеется, будет больше всего, она должна постепенно убывать к периферии. Закон распределения светил от центра к периферии на основании закона тяготения и статистической механики вычислен Эмденом. В таблице приводится для разных угловых расстояний от центра сравнение расчета с наблюдением.

Расстояние от центра в дуговых минутах	Наблюденное число туманностей	Вычисленное число туманностей
2'.5	2777	2692
5	1431	1763
10	643	795
20	285	281
30	193	158
40	120	103
50	95	74
60	66	55
80	15	33
100	23	19.5
120	12	10.5
140	1	4.5
160	2	1

При сравнении надо иметь в виду, что перед нами статистическая задача, при решении которой вычисляемый результат имеет значение вероятности и должен быть тем точнее, чем большее число светил подвергается рассмотрению. Учитывая это, можно сказать, что теория, основанная на ньютоновском законе, хорошо подтверждается.

Таким образом, с основанием можно утверждать выполнимость закона всемирного тяготения во всей вселенной до расстояний, пробегаемых светом в десятки миллионов лет!

Вместе с тем с давних пор астрономы отмечали ряд небольших разногласий между теорией и наблюдением. Существуют неравенства в движении Луны, не вполне объяснимые теорией; эллиптическая орбита Меркурия обладает вращательным движением (около 29–38″ в столетие), замечены несогласия в движении некоторых комет и двой-

ных звезд. Во всех этих случаях дело идет, однако, о ничтожных отклонениях, лежащих почти на пределе погрешностей наблюдения и расчета, и всегда можно заподозрить наличие каких-нибудь неизвестных масс, возмущающих движение. Ньюкомб высчитал, что для объяснений аномалий в движении Меркурия нужно было бы предположить, что сила тяготения убывает обратно не второй степени расстояния, а степени 2.00000015; настолько мала поправка к закону Ньютона, если бы мы стали искать причину не в возмущающих влияниях, а в неточности самого закона тяготения.

Новая физика обобщает и несколько изменяет исходные принципы Ньютона, как об этом уже говорилось; поэтому и результат приложения этих принципов к опытным данным — закон тяготения — должен измениться. Мы видели уже [формула (4)], что масса тела должна зависеть от скорости. Это обстоятельство само по себе должно изменить закон тяготения. С другой стороны, из той же формулы (4) вытекает, что (при некоторых ограничениях) не может быть скорости большей скорости света c, и, следовательно, само тяготение не может распространяться с большей скоростью. (Заметим, впрочем, что до сего времени скорость распространения тяготения не измерена.

Общая теория относительности Эйнштейна объединяет силы, которые вполне определяются массой (центробежные силы, тяготение Ньютона), в один общий класс сил тяготения, подчиняющийся одному общему закону. По существу нельзя даже сравнивать закон Ньютона и закон Эйнштейна. В выражение Ньютона входят абсолютные массы и расстояния, которые в теории Эйнштейна не имеют смысла. С другой стороны, учение Эйнштейна обходит самое понятие силы, оно оперирует, можно сказать, «другим словарем» и ничего не говорит о силах взаимодействия двух тел; теория дает непосредственные выражения для *пути движения* тела при заданных условиях. Применяя, однако, оба закона к одному и тому же движению (например, движению ближайшей к Солнцу планеты Меркурия), можно сравнить результаты. Таким образом, оказалось, что закон Эйнштейна учитывает аномальное движение Меркурия и дает для вращения большой оси его



Рис. 25. Бюст Ньютона из слоновой кости работы Ле Маршан, сделанный с натуры. Из собрания Британского Музея.

орбиты значение, довольно близко совпадающее с данными наблюдения. Этот результат позволяет заключить, что закон тяготения Ньютона, несмотря на свою исключительную точность, все же является только приближением. С XX же столетия физика несомненно вступила в область последующего приближения.

Ньютон тщательно обходил в «Началах» вопрос о возможных причинах тяготения, ограничиваясь установлением самого факта и его математической формулировкой и избегая гипотез. В связи с этим Ф. Энгельс так характеризовал ньютоновское тяготение: «Лучшее, что можно сказать о нем, это, что оно не объясняет, а представляет наглядно современное состояние движения планет».

В предисловии ко второму изданию «Начал» (1713) издатель Роджер Котс выступил в защиту позиции Ньютона: «Я слышу, — пишет Котс, — как некоторые... бормочут о скрытых свойствах. Они постоянно твердят, что тяготение есть скрытое, сокровенное свойство, скрытым же свойствам нет места в философии. На это легко ответить: сокровенны не те причины, коих существование обнаруживается наблюдениями, с полнейшей ясностью, а лишь те, самое существование которых не известно и ничем не подтверждается. Следовательно, тяготение не есть скрытая причина движения небесных тел, ибо явления показывают, что эта причина существует на самом деле. Правильнее признать, что к скрытым причинам прибегают те, кто законы этих движений приписывает неведомо каким вихрям некоторой чисто воображаемой материи, совершенно непостижимой чувствами».

Котс в пылу борьбы и защиты впадал в другую крайность, утверждая, правда не совсем определенно, первичность и дальнейшую непостижимость тяготения. У самого Ньютона подобная точка зрения фигурирует только в качестве одной из возможных: «Я отнюдь не утверждаю, что тяготение существенно для тел, — прибавляет Ньютон в третьем издании «Начал»; — под врожденною силою я разумею единственно только силу инерции. Она неизменна. Тяжесть при удалении от Земли уменьшается». Нужно вспомнить, что сам Ньютон в семидесятые годы неоднократно указывал на возможные различные объяснения тяготения.

В «вопросах» «Оптики» эфирная гипотеза тяготения излагается неоднократно, но там же эфир и отвергается. Второе издание «Начал» заканчивается следующим примечательным абзацем: «Теперь следовало бы кое-что добавить о некотором тончайшем эфире, проникающем все сплошные тела и в них содержащемся, коего силою и действиями частицы тел при весьма малых расстояниях взаимно притягиваются, а при соприкосновении сцепляются, наэлектризованные тела действуют на бо́льшие расстояния, как отталкивая, так и притягивая близкие малые тела... Но это не может быть изложено вкратце, к тому же нет и достаточного запаса опытов, коими законы действия этого эфира были бы точно определены и показаны». Обычно эту фразу понимают как намек Ньютона на возможность объяснения тяготения на основе гипотезы эфира, заполняющего пространства. Однако, если внимательно прочитать приведенные строки, то становится ясным, что на самом деле назначение их как раз обратное. Ньютон говорит только об эфире, «проникающем все сплошные тела и в них содержащемся». При помощи этого эфира, по Ньютону, могли бы объясняться силы, действующие между частицами тел на малых расстояниях, т. е. электрические, капиллярные и пр. Но о тяготении, об эфире в мировом пространстве в приведенном месте нет ни слова. Ньютон был всегда необычайно точен в выражениях не только в своих книгах и мемуарах, но даже в письмах. Поэтому пропуск тяготения и эфира в межпланетном пространстве в указанном месте «Начал», в которых тяготение — основная тема, несомненно намеренный. Иными словами, Ньютон этим приемом хотел сказать читателю, что он не считает возможным объяснить тяготение при помощи эфира.

Впрочем, нужно быть очень осторожным в отношении окончательного мнения Ньютона на основании подобных цитат. Не трудно найти цитаты за и против эфира, особенно в «вопросах» «Оптики», где зачастую резко противоположные гипотезы следуют одна за другою. Ключ к пониманию этих противоречий все в том же: «Я не придумываю гипотез». Сопоставление противоположных гипотез, одинаково правдоподобных, есть до некоторой степени насмешка над «любителями гипотез» и защита индуктив-

ного метода принципов. Ученики, вернее, последователи Ньютона во многом не поняли его осторожности и грубо превращали принцип в гипотезу, создавая из тяготения первичное, далее необъяснимое начало. Ньютон почти не вмешивался в споры и шум, в значительной мере чисто дилетантский, возникавший вокруг «Начал». Его хладнокровие в этом отношении доходило до того, что он в конце концов допускал вполне независимые от него мнения Котса в предисловии ко второму изданию «Начал». «Если Вы напишете новое предисловие, — пишет он Котсу, — то я не должен его видеть, чтобы не быть за него ответственным».

С точки зрения чисто механической идея о врожденности тяготения материи и о действии на расстояние без посредства всякого агента, разумеется, казалась Ньютону бессмысленной, что он и высказывал неоднократно. Эти высказывания часто цитировались как якобы очевидное доказательство сочувствия Ньютона гипотезе эфира. В действительности Ньютон находил из этого затруднения совсем неожиданный, мистически-религиозный выход. Почти всегда цитируют часть следующего отрывка из одного письма Ньютона от 25 февраля 1693 г. к д-ру Бентлею, автору лекций на тему «Опровержение атеизма»: «Непостижимо, — пишет Ньютон, — чтобы неодушевленная грубая материя могла без посредства чего-либо нематериального действовать и влиять на другую материю без взаимного соприкосновения, как это должно бы происходить, если бы тяготение в смысле Эпикура было существенным и врожденным в материи. *Предполагать, что тяготение является существенным, неразрывным и врожденным свойством материи, так что тело может действовать на другое на любом расстоянии в пустом пространстве, без посредства чего-либо передавая действие и силу, — это, по-моему, такой абсурд, который немыслим ни для кого, умеющего достаточно разбираться в философских предметах. Тяготение должно вызываться агентом, постоянно действующим по определенным законам.* Является ли, однако, этот агент материальным или не материальным, решать это я предоставил моим читателям».

Цитируя только подчеркнутые нами строки и не обращая внимания на первую и последнюю фразы отрывка,

делают вывод, что для Ньютона эфир был необходим. На самом деле, как явствует из первой и последней фраз, эта необходимость возникает, по Ньютону, в том случае только, если исключается «не материальный» (т. е. духовный) агент. Решать этот вопрос в 1693 г. Ньютон предоставлял читателям, умалчивая о собственном мнении. Каково было это мнение, с удивлением можно узнать из недавно (1937) опубликованных записей Д. Грегори.

21 декабря 1705 г. Грегори записывает следующее: «Сэр Исаак Ньютон был со мной и сказал, что он приготовил 7 страниц добавлений к своей книге о свете и цветах (т. е. к «Оптике»), в новом латинском издании... У него были сомнения, может ли он выразить последний вопрос так: «Чем наполнено пространство, свободное от тел?» Полная истина в том, что он верит в вездесущее божество в буквальном смысле. Так же, как мы чувствуем предметы, когда изображения их доходят до мозга, так и бог должен чувствовать всякую вещь, всегда присутствуя при ней. Он полагает, что бог присутствует в пространстве, как свободном от тел, так и там, где тела присутствуют. Но, считая, что такая формулировка слишком груба, он думает написать так: «Какую причину тяготению приписывали древние?» Он думает, что древние считали причиной бога, а не какое-либо тело, ибо всякое тело уже само по себе тяжелое».

Это замечательное место в дневнике Григори, остававшееся до 1937 г. неизвестным, объясняет смысл длинного религиозного завершения «Оптики» и «Общего поучения», которым кончаются «Начала» во втором издании. В «Оптике» фраза «бог присутствует всегда в самих вещах», а в «Началах» утверждение, что «движущиеся тела не испытывают сопротивления от вездесущия божия», приобретают после разъяснения Грегори буквальный смысл.

Сколь ни удивительно слышать это от создателя классической физики, но он, повидимому, серьезно полагал пустое пространство наполненным богом, «не представляющим сопротивления движению» и регулирующим всемирное тяготение.

Можно, впрочем, отметить, что религиозная догма о заполнении пространства богом была не оригинальным измышлением Ньютона. В знаменитом трактате Отто фон

Герике «Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio» (Новые, так называемые магдебургские опыты с пустым пространством), изданном самим автором в 1672 г. и несомненно известном Ньютону, есть сопоставление высказываний на тему о пространстве и боге. В частности, приводится мнение известного ученого иезуита Кирхера, что «бог, субстанция его и присутствие наполняют все воображаемое пространство, вакуум, или пустоту».

Два с половиною века, прошедших со времени появления «Начал», мало что прояснили в вопросе о «причине» тяготения в том смысле, как это понимали в классической физике. Количество книг, мемуаров и брошюр на эту тему практически необъятно. Еще не очень давно не проходило месяца, чтобы не появлялось сочинения, обычно издаваемого самим автором, в котором делалась попытка решить задачу. Все эти произведения, несмотря на остроумие некоторых из них, роковым образом кончались неудачей. Всегда это была либо чисто качественная, неразработанная схема, либо результат, не соответствующий опыту, либо построение, основанное на заведомо ошибочных предположениях. Качественная возможность гидродинамического объяснения тяготения при помощи гипотезы эфира указана самим Ньютоном еще задолго до опубликования «Начал», но довести эту мысль до конца, извлечь из нее все следствия не удалось никому, вследствие явных несогласий с опытными данными. Попытки свести тяготение к электростатическим притяжениям также не имели успеха.

Решение проблемы тяготения было указано в 1916 г. Эйнштейном как необходимое звено общей теории относительности, охватывающей любые ускоренные движения. Решение это своеобразно и неожиданно, так как оно делает самую постановку вопроса о механической причине тяготения не имеющей смысла. В теории относительности тяготение по существу не отличается от центробежной силы и других инерционных эффектов, связанных неразрывно с ускоренными движениями масс. Никто не ставит вопроса о специальных причинах центробежной силы, она полагается органическим свойством массы и необходимо вытекает из закона действия и противодействия. Аналогичный характер приобретает всемирное тяготение в об-

щей теории относительности. Непостижимость дальнодействия исчезает в учении Эйнштейна, так как абсолютное пустое пространство Ньютона заменяется физическим пространством, не менее реальным и материальным, чем вещество, определяющее свойства этого пространства.

Теория Эйнштейна предсказала несколько новых явлений, связанных с тяготением: отклонение световых лучей в поле тяготения, аномалии в движении планет (медленное вращение планетных орбит), смещение спектральных линий в красную сторону спектра в сильных полях тяготения. Все эти тонкие явления удалось подтвердить в удовлетворительном согласии с теорией.

В 1871 г. Э. Мах писал: «При своем появлении теория тяготения беспокоила почти всех естествоиспытателей, так как она основывалась на необычных и непонятных представлениях. Стремились свести тяготение к давлениям или ударам. Теперь тяготение никого не беспокоит, оно стало привычной непонятной вещью». В наше время теоретическая физика сумела включить тяготение, как необходимое звено, в систему основных физических представлений. Тяготение перестало быть чужеродной частью этой системы. К сожалению, простота и ясность классической физики, выраженные в «Началах» и соответствующие нашим привычкам, обыденному опыту, приобретаемому каждым со дня рождения, утеряны, и тяготение вместе со многим иным в новой физике остается «мало понятным» в обычном смысле слова.

Содержание «Начал» не исчерпывается принципами механики, проблемой тяготения, астрономическими задачами и теорией приливов. Во второй книге «Начал» имеется громадный материал по вопросу о движении тел в сопротивляющейся среде, о колебаниях и волнах в упругих телах, и впервые дана теория скорости распространения звука.

Чтение «Начал», несмотря на архаизмы, трудность стиля и громоздкость математических доказательств, даже для современного читателя сохраняет плодотворную поучительность независимо от исторического интереса.





ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

Химические и алхимические занятия Ньютона

С юношеских лет, еще в Грэнтэме, до переселения в Лондон в девяностых годах, Ньютон вел непрестанные химические опыты. Знакомство с химией и алхимией, вероятно, началось в аптеке Клэрка в Грэнтэме; по крайней мере первые юношеские записные тетради сохранили некоторые химические рецепты. Большое письмо к Астону 1669 г., приведенное во второй главе нашей книги, ясно показывает хорошее знакомство Ньютона с химией и химической технологией. Опыты изготовления подходящего сплава для зеркала телескопа, начатые, вероятно, не позже 1666 г., также обнаруживают большие химические знания и практические навыки Ньютона в химических операциях. Мы приводили уже воспоминания Гэмфри Ньютона, относящиеся ко времени составления «Начал», т. е. к восьмидесятым годам; из них со всей непосредственностью выступает громадная химическая работа, регулярно производившаяся Ньютоном в это время. Химическая лаборатория находилась в саду, около Тринити колледжа. По словам Гэмфри, «Ньютон проводил там свою работу с большим старанием, удовлетворением и удовольствием».

Недавно (1927 г.) найдена библиотека Ньютона и ее каталог. История библиотеки того, «кто гением превзошел род человеческий», заслуживает рассказа. Около 1920 г. Р. де-Вилльямиль разыскал инвентарь имущества Ньютона, составленный непосредственно после его смерти. В этом инвентаре значилась библиотека из 1896 томов, оцененная в 270 фунтов. Эту библиотеку за 300 фунтов купил сосед Ньютона в Лондоне, начальник морской тюрьмы

Джон Хэггинс. Книги были пересланы сыну Хэггинса в Оксфорд, где и оставались до 1750 г. Здесь библиотека была продана за 400 фунтов Джемсу Мэсгреву. В 1778 г. она перешла в наследственное баронетское имение Бэрнслей-парк. Владельцы Бэрнслей-парка мало интересовались «книжным старьем», и оно в 1920 г. вместе с другим имуществом было продано с аукциона, причем новые поколения владельцев уже не знали или забыли, что книги принадлежали когда-то Ньютону. Старые фолианты продавались за бесценок как макулатура тюками по 200 книг! Значительная часть ньютоновских книг таким образом в наше время, совсем недавно, рассеялась неизвестно куда, по букинистам и развалам, попала в Америку. Однако даже каталог оставшихся книг, составленный Виллььямилем, вместе со старым каталогом Мэсгрева, найденным им же, дает очень ценный материал для биографии Ньютона.

В каталоге, в частности, насчитывается около сотни книг по химии и алхимии. Здесь имеется Агрикола «De Metallis», о котором упоминает Гэмфри, «Оккультная философия» Агриппы Неттесгеймского, несколько книг о философском камне, о превращениях металлов, компендиумы алхимии, различные алхимические трактаты Люллия, сочинения Парацельса, Бойля и пр.

Книгами, однако, дело не ограничивается. В 1936 г. антикварная фирма Sotheby в Лондоне [31] опубликовала каталог рукописей ньютоновского архива, продававшихся по поручению виконта Лимингтона. В первой части этого каталога содержится описание химических и алхимических рукописей, большею частью написанных рукой Ньютона. По подсчету составителя каталога в этих рукописях больше 650 000 слов, т. е. несколько тысяч страниц. Основная часть рукописей, повидимому, выписки из алхимической и химической литературы, памятные заметки, рецепты. Алхимические заметки иногда записывались Ньютоном на черновиках деловых бумаг по монетному двору и на письмах. Библиотека и архив Ньютона, таким образом, с очевидностью показывают его громадный интерес к химии и алхимии.

Что же известо о результатах химических изысканий Ньютона? Сохранилось, как увидим, большое количество черновых химических записей Ньютона; в письмах, в

«вопросах» «Оптики» имеются обширные экскурсы химического характера, опубликован один небольшой химический мемуар под заглавием «De natura acidorum» (О природе кислот), написанный после создания «Начал»; наконец имеется ряд писем к Локку алхимического содержания. Несмотря на этот обширный рукописный и печатный материал, до сих пор не удалось проследить основную линию химической работы Ньютона. В результате первого просмотра записей создается впечатление о сугубо эмпирической работе, имеющей традиционную цель — превращение металлов, в частности, конечно, получение золота. Если бы опубликовать архивы многих химиков и алхимиков XVII в., мы, вероятно, получили бы схожую картину.

Хорошо известно, что Ньютон применял свои основные физические мысли и выводы к объяснению химических явлений. Сначала, в 70-х годах, для этой цели послужило представление об эфире, позднее, после «Начал», — идея притяжения. Теория химических превращений на основе мысли о центральных притягательных силах между частицами вещества имела огромное значение в развитии теоретической химии до самого последнего времени. Вместе с тем бесспорно не только для подтверждения этих общих физических выводов служили напряженные, неустанные химические опыты Ньютона.

К сожалению, химический архив Ньютона до наших дней никем серьезно не изучался. Биографы Ньютона за последнее время [32] спорят о том, был ли Ньютон алхимиком или нет? Спор этот — результат недоговоренности о том, что понимать под алхимией. Если иметь в виду алхимика как бытовую фигуру прежних времен, т. е. обманывающего или обманутого человека, применяющего магические заклинания к химическим операциям, опирающегося только на традицию старых книг, рукописей и легенд и лишенного критической мысли и чутья естествоиспытателя, то, конечно, не может быть и мысли о Ньютоне-алхимике. С другой стороны, основная идея алхимии — мысль о многообразии превращений вещества, о возможности трансмутаций металлов и элементов вообще.

С этой идеей у Ньютона мы встречаемся всюду, в частности и трансмутация металлов не казалась для него

принципиально исключенной. Если иметь в виду эту черту алхимии, то можно сказать, что Ньютон занимался алхимией.

В XVII в., как, впрочем, и в предыдущую и последующую эпохи, для широких кругов алхимия в любом смысле относилась к разряду колдовства и магии и во всяком случае ставилась рядом с астрологией. Неудивительно поэтому, что Ньютон скрывал свои алхимические работы от окружающих. Автор предисловия к упоминавшемуся ранее каталогу распродажи архива Ньютона прав, когда пишет следующее: «После получения места на Монетном дворе всякая ассоциация имени Ньютона с алхимией показалась бы чрезвычайно неудобной. Слух о том, что директор Монетного двора может превращать медные фартинги в блестящие золотые гинеи, посеял бы панику во всей стране». Химическое наследство Ньютона осталось главным образом в виде черновых рукописей.

В каталоге так называемой «портсмутской коллекции», где хранится большое количество рукописей Ньютона и других документов, многие из которых до сих пор не изданы, имеется описание рукописей химического содержания.

Большая записная тетрадь, объемом около 300 страниц, начатая Ньютоном в студенческие годы, почти целиком заполнена химическими записями. Часть этих записей состоит из выписок прочитанного в сочинениях Бойля и других авторов, но наряду с этим находятся записи о собственных опытах. Отмечены опыты извлечения металлической ртути из различных соединений, рецепты сурьмяных сплавов, сведения о низкотемпературных сплавах. Записаны опыты с действием сулемы на сурьму и серебро, отмечается тепло, получающееся при смешении купоросного масла с водой или спиртом, рецепт легкоплавкого металла, который «должен плавиться на солнце». На стр. 121 тетради, по описи каталога, имеется запись, что 10, 14, 15 мая 1681 г. он понял некоторые алхимические символы. Эта заметка, однако, выскоблена. В следующей записи от 18 мая читаем, что он понял алхимический символ кадуцея (жезла Меркурия). Вслед за этим следует описание опытов с возгонкой зеленого и синего купороса с нашатырем. В мае, июне и июле 1682 г. записаны опыты с получением королька из смеси свинцовой об-

манки, сурьмы и висмута и т. д. За 1683 г. записаны различные опыты с возгонкой.

В другой связке архива содержатся рукописные химические и алхимические записи Ньютона от конца 1678 до февраля 1696 г. Главное содержание записей — опыты с сурьмяными сплавами. 10 июля (год не указан) записано «vidi * philosophicum» (может быть: видел философский камень?). 16 мая 1686 г. содержится непонятная запись ven. vol. Опыты со сплавами продолжаются и в 1693 г. Записано сравнение плавления разных смесей свинца, олова, висмута; наиболее легкоплавким оказался сплав: 5 ч. свинца + 7 ч. олова + 12 ч. висмута. В апреле 1695 г. отмечены опыты с сурьмой, железной рудой, медью и оловом. Даже в феврале 1696 г., т. е. накануне переезда в Лондон, записаны опыты по возгонке сурьмы с железной рудой. Этот просмотр каталога портсмутской коллекции приводит к определенному выводу: по крайней мере с 1666 по 1696 г., т. е. в течение 30 лет, Ньютон настойчиво экспериментировал с металлическими сплавами. Вначале у этих опытов могла быть вполне практическая цель изготовления хорошего зеркала для отражательного телескопа, но затем доминирующей стала, можно думать, алхимическая задача — получение золота.

Существенным добавлением к рукописям Ньютона могут служить некоторые его письма химического и алхимического содержания. В 1675 г. Бойль напечатал в «Philosophical Transactions» статью под заглавием «Экспериментальное рассуждение о нагревании ртути с золотом». В этой статье он намекает на некоторые «философские» возможности, как выражались алхимики, т. е. на возможности превращения металлов. По этому поводу Ньютон обратился 26 апреля 1676 г. с письмом к Ольденбургу, указывая, что Бойль лучше бы сделал, если бы сохранял свои секреты, так как «руки многих чешутся узнать способ приготовления такой ртути». «Способ, коим ртуть пропитывается, может быть похищен другими, которые о нем узнают, а поэтому не послужит для чего-либо более благородного; сообщение этого способа принесет огромный вред миру, если только есть какая-нибудь правда у писателей-герметиков. Поэтому я не хотел бы ничего, кроме того, чтобы великая мудрость благородного автора

задержала его в молчании до тех пор, пока он не разрешит, каковы могут быть следствия этого дела, своим ли собственным опытом, или по суждению других, полностью понимающих, о чем он говорит, т. е. истинных философов-герметиков». Из этого письма ясно во всяком случае, что побуждения самого Ньютона в поисках трансмутации были совсем иными, чем у массы рядовых алхимиков.

30 декабря 1691 г. умер Бойль; по завещанию свои бумаги он оставил трем друзьям, одним из которых был Локк. В письме к Локку от 26 января 1692 г. Ньютон пишет между прочим: «Я слышал, что Мр. Бойль сообщил свой процесс относительно красной земли и ртути Вам, так же как и мне, и перед смертью передал некоторое количество этой земли для своих друзей». «Красная земля» Бойля упоминается в ряде следующих писем Ньютона к Локку. 7 июля 1692 г. он пишет: «Вы прислали мне земли более, чем я ожидал. Мне хотелось иметь только образец, так как я не склонен выполнять весь процесс. Ибо, серьезно говоря, я в нем сомневаюсь. Но поскольку Вы собираетесь его осуществить, я был бы рад при этом присутствовать».

В следующем большом письме от 7 августа 1692 г. Ньютон дает разъяснения по поводу рецепта Бойля, относясь к нему попрежнему скептически. Он рассказывает, что слышал от Бойля об этом рецепте давно, что Бойль сообщил ему его, утаив, однако, некоторую часть, но что он знает о нем больше, чем говорил Бойль. Раскрывается таким образом система утаивания и «секретов» друг от друга, обычная среди лиц, занимающихся алхимией.

Этим почти ограничиваются опубликованные до последнего времени документы, касающиеся алхимических занятий Ньютона. Из них ясна напряженная и очень монотонная работа Ньютона в течение более 30 лет над металлическими сплавами, наиболее частым ингредиентом которых была сурьма. Целью этих опытов была, вероятно, трансмутация.

Из цитированного выше письма к Ольденбургу явствуют чисто познавательные, «философские» задачи, к которым при этом стремился Ньютон. Работа, конечно, осталась безрезультатной в отношении основной задачи. Более удивительно отсутствие иных, специальных и част-

ных результатов. Во всяком случае в сохранившихся записях, повидимому, нет ничего, кроме разрозненных наблюдений большею частью качественного характера. Такое положение дела трудно связать с поразительным экспериментальным талантом Ньютона, проявленным в особенности в оптических исследованиях. Искусство превращать опыты в гибкое, податливое орудие исследования, следующее за мыслью и логикой экспериментатора,—в этом состояло одно из основных умений Ньютона,—и его мы не видим в хаосе (по крайней мере кажущемся) алхимических опытов. Надо надеяться, что внимательное изучение алхимического рукописного архива Ньютона когда-нибудь разрешит этот вопрос. Сейчас он остается без ответа.

Сам Ньютон ни одной печатной строкой не обмолвился об алхимических своих занятиях; все наши сведения почерпнуты из рукописей и писем. Общие теоретические вопросы химии разбирались Ньютоном более открыто как в письмах, так и в печати. В семидесятом году, в эпоху, когда Ньютона увлекла идея эфира, привлекаемая им для объяснения всей динамики природы, он применял ее и к объяснению физико-химических процессов. В письме к Бойлю от 28 февраля 1679 г., некоторые выдержки из которого уже приводились выше, он пишет между прочим: «Действие растворителей на тела можно объяснить так: положим, что какое-нибудь красящее тело, например кошениль или кампешевое дерево, кладется в воду. Как только вода проникает в поры этих тел, она смачивает со всех сторон каждую частицу, которые слипаются в тело по принципу, изложенному во втором предположении [33]. Вода прекращает или по крайней мере уменьшает это начало, связующее частицы в тело, ибо она делает эфир со всех сторон частицы более однородным в отношении плотности, чем раньше. При этом частица, отрываемая малейшим движением, всплывает в воде и вместе с другими частицами создает окраску». Такова «эфирная» теория растворения Ньютона. Далее, в том же письме к Бойлю, Ньютон на основании представления об эфире высказывает следующие предположе-

ния о частицах воздуха: «Не только размер, но и плотность частиц объясняют постоянство воздушных субстанций. Ибо избыток плотности эфира вне частиц над плотностью его внутри частиц при этом больше. Я иногда думаю поэтому, что истинный постоянный воздух имеет металлическое происхождение, ибо ни у какой субстанции нет такой плотности, как у металлов».

Создание «Начал», возможность объяснения системы мира при помощи тяготения, несовместимость регулярных планетных движений с вещественным эфиром, заполняющим пространство, заставили Ньютона изменить и взгляды на молекулярные и химические силы. Вместо эфира для объяснения привлекаются притягательные силы по образцу всемирного тяготения.

В 1710 г. в приложении к Lexicon Technicum Джона Гарриса был опубликован с разрешения Ньютона на латинском языке с английским переводом небольшой химический мемуар «О природе кислот» (De natura acidorum). В предисловии к книге сказано, что этот мемуар передан Ньютоном некоему «другу» в 1692 г. Время действительного его написания неизвестно, но по содержанию ясно, что он написан после создания «Начал». Ньютон так объясняет действие кислот: «Частицы кислот больше частиц воды и потому менее летучи, но много меньше земельных частиц и поэтому значительно менее связаны. У них имеется большая притягательная сила, и в этом состоит их действенность... Природа их средняя между водой и телами, и они притягивают то и другое. Вследствие притягательной силы своей они собираются вокруг частиц тел, как каменных, так и металлических... Посредством силы притяжения кислоты разрушают тела, двигают жидкость и возбуждают тепло, разделяя при сем некоторые частицы настолько, что они превращаются в воздух и создают пузырьки. В этом состоит основа растворения и брожения... И так же как шар земной, притягивая силой тяготения воду больше, чем легкие тела, приводит к тому, что легкие тела поднимаются в воде и убегают от земли, так и частицы солей, притягивая воду, расходятся друг от друга, отступая на наибольшее пространство, распространяясь по всей воде». Здесь перед нами новая «аттракционная» теория растворе-

ния, заступившая у Ньютона место прежней «эфирной».

Вслед за краткой теорией действия кислот следуют «Различные размышления», содержащие в афористической форме применение идеи притяжения к различным физико-химическим явлениям.

Замечательно следующее «размышление», касающееся золота и ртути: «Золото состоит из взаимно притягивающихся частиц, сумму их назовем первым соединением, а сумму этих сумм вторым и т. д. Ртуть и царская водка могут проходить через поры между частицами последнего соединения, но не через иные. Если бы растворитель мог проходить через другие соединения, иначе, если бы можно было разделить частицы золота первого и второго соединений, то золото сделалось бы жидким и текучим. Если бы золото могло бродить, то оно могло бы быть превращено в какое-нибудь другое тело»[34]. Здесь мы, наконец, узнаем нечто о ньютоновой теории трансмутации.

Чтобы понять это рассуждение Ньютона, полезно заглянуть в «Оптику». Для объяснения прохождения световых лучей через тела Ньютон предполагает, что основная часть тел — это поры. Он набрасывает следующую картину строения тел: «Представим себе, — говорит он, — что частицы тел расположены так, что промежутки или пустые пространства между ними равны им всем по величине, что частицы могут быть составлены из других частиц, более мелких, пустое пространство между коими равно величине всех этих меньших частиц, и что подобным же образом эти более мелкие частицы снова составлены из еще более мелких, которые все вместе по величине равны всем порам или пустым пространствам между ними... Если есть пять таких степеней, в теле будет в 31 раз более пор, чем твердых частей. При шести степенях в теле будет в 63 раза больше пор, чем твердых частей, и так далее до бесконечности. Есть и другие пути для понимания исключительной пористости тел. Но каково в действительности их внутреннее строение, мы еще не знаем». Предположение Ньютона о крайней пористости тел, как известно, вполне подтверждается современными сведениями о строении вещества. Схема Ньютона конкретизировалась в виде молекулярных связей, электронных оболочек и атомных ядер.

Возвращаясь теперь к приведенному «размышлению» о ртути и золоте, мысль Ньютона на современный язык можно перевести так: для разрушения атомов золота надо найти способ разделения наиболее тесно сближенных частиц, из которых атом составлен. Эта мысль вполне правильна; современный физик знает, что для разрушения атома золота надо разрушить его ядро, т. е. то, что Ньютон называет «первым соединением». Ньютон как бы угадывает существование атомного ядра, хотя, разумеется, об этом можно говорить только в самом широком, принципиальном смысле. Приведенные строки из «De natura acidorum», кажется нам, резко выделяют алхимика Ньютона из безымянной толпы темных людей, обманщиков и обманутых, слывших в старые времена под прозвищем алхимиков. Его опыты были преждевременной, правда, попыткой решения задачи, раскрытой только в наше время.

Наиболее пространно изложил Ньютон свои химические знания на основе идеи притяжения в 31-м вопросе «Оптики»: «Не обладают ли малые частицы тел,— начинает Ньютон,— определенными возможностями, способностями или силами, при посредстве коих они действуют на расстоянии не только на лучи света при отражении, преломлении и огибании их, но также друг на друга, производя при этом значительную часть явлений природы? Ибо хорошо известно, что тела действуют друг на друга при помощи притяжений тяготения, магнетизма и электричества; эти примеры показывают тенденцию и ход природы и делают вероятным существование других притягательных сил, кроме этих. Ибо природа весьма согласна и подобна в себе самой.

Я не разбираю здесь, каким образом эти притяжения могут осуществляться. То, что я называю притяжением, может происходить посредством импульса или какими-нибудь другими способами, мне не известными. Я применяю здесь это слово для того, чтобы только вообще обозначить некоторую силу, благодаря которой тела стремятся друг к другу, какова бы ни была причина... Притяжения тяготения, магнетизма и электричества простираются на весьма заметные расстояния и таким образом наблюдались просто глазами, но могут существовать и другие притяжения, простирающиеся на столь малые расстояния, которые до

сих пор ускользают от наблюдения, и, может быть, электрическое притяжение распространяется на такие малые расстояния и без возбуждения трением». После такого принципиального введения, составляющего эскиз теории химического сродства, Ньютон приводит очень большое число химических примеров, которые он объясняет проявлениями притяжения. Вот один из них: «Когда вода и купоросное масло вливаются последовательно в один и тот же сосуд и смесь становится очень горячей, не свидетельствует ли это тепло о большом движении частей жидкости? И нельзя ли заключить по этому движению, что части двух жидкостей при смешении бурно соединяются и, следовательно, порываются друг к другу с ускоренным движением?» В некоторых случаях, по Ньютону, можно говорить также об отталкивании между частицами. Таким способом в «Оптике» он интерпретирует растворение (это, как видим, третий вариант теории растворения). «И не предполагает ли такое стремление (т. е. растворение),— говорит он,— отталкивательной силы у частиц, благодаря которой они разлетаются одна от другой, или по крайней мере того, что частицы сильнее притягивают воду, чем одна другую?»

Ньютонова идея о притяжении как основе химического сродства определила развитие теоретической мысли в области химии до последнего времени. В частности, ньютонианцем в области химии был Д. И. Менделеев, что особенно ясно выражено в его «Двух лондонских чтениях».

Возможно, что Ньютон предполагал написать отдельную книгу о химических явлениях. Л. Мор недавно нашел в бумагах портсмутской коллекции следующую запись Стекелея: «Он написал также химическое сочинение, объясняющее принципы этого таинственного искусства, на основании экспериментальных и математических доказательств; он очень ценил это сочинение, но оно по несчастью сгорело в его лаборатории вследствие случайного огня. Он никогда не предпринимал вновь этой работы, о чем приходится очень пожалеть».





ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

Революция 1686—1689 гг. Ньютон — депутат парламента. Психическое недомогание Ньютона. Получение должности хранителя Монетного двора. Переселение в Лондон

(1687—1695)

Изданием «Начал» кончился главный творческий период в жизни Ньютона. Замыслы и планы студенческих лет были выполнены, по крайней мере в значительной части, но работа неизбежно продолжалась по законам творческой инерции. Многие вопросы механики и астрономии требовали пересмотра или доделки, не были приведены в систему математические работы, продолжались химические опыты, эксперименты по электричеству и магнетизму, по теплоте, акустике, как можно судить по ряду указаний в «Оптике» и «Началах». Наконец, после издания «Начал» Ньютон стал серьезно и много заниматься чисто богословскими вопросами.

Но все же издание «Начал» было последним актом Ньютона, определившим дальнейший ход науки. Сорок лет жизни Ньютона, протекшие с 1687 г., мало что прибавили к его научному облику. Немаловажной причиной этого явились внешние события.

В конце восьмидесятых годов в Англии назревала новая революция. Внешним выражением глубоких классовых и экономических противоречий снова, как и во времена Кромвеля, явились религиозные распри. Паписты-католики, окружавшие короля Якова II, внушали королю мысль об особой опасности Оксфордского и Кэмбриджского университетов как цитаделей англиканского вероучения.

Было решено в той или иной мере усилить здесь католический элемент.

Как раз в год издания «Начал» король, нарушая права университета, предложил кэмбриджскому университету дать степень магистра со всеми привилегиями бенедектинскому монаху Альбану Френсису. Чисто внешнее почетное возведение в ученую степень лиц, не имеющих отношения к науке, практиковалось в университетах издавна. В данном случае налицо имелась, однако, несомненная политическая тенденция, для большинства членов университета неприемлемая. Яков II пытался вернуть католицизму положение господствующей церкви в Англии, что и достигалось назначением на высокие посты преимущественно католиков. Согласие университета в данном случае грозило быть использованным как прецедент для дальнейшего увеличения числа католиков — членов университета. Университет отказался выполнить предложение короля; борьба разгорелась настолько, что в Голландию к принцу Оранскому негласно была послана просьба английских церковников вмешаться и оказать сопротивление королевскому деспотизму. В Лондон университет направил делегацию, в которую входил и Ньютон, с петицией к королю. Делегации удалось в конце концов настоять на своем, предложение короля об «избрании» Френсиса было отменено.

Ньютон был молчаливым и по внешности мало активным членом университетской делегации. Однако есть сведения, что он оказался наиболее упорным и неподатливым делегатом. Был момент, когда все были готовы согласиться на компромисс, состоящий в том, что степень А. Френсису должна быть присуждена, но при условии, что подобные исключения повторяться не будут. Ньютон решительно запротестовал, и делегация отказалась от компромисса.

Новым биографом Ньютона Л. Мором опубликовано недавно письмо Ньютона к неизвестному, довольно ясно показывающее политические позиции его как вига в эти годы: «Всякий честный человек,— пишет он,— обязан по божеским и человеческим законам повиноваться законным распоряжениям короля, но если Его Величеству советуют потребовать такое, что не может быть дано по закону, то никто не может страдать за невыполнение этого».

Политическое положение в стране между тем обострялось, и в декабре 1688 г. Вильгельм Оранский высадился в Англии, а король бежал во Францию. Были объявлены выборы учредительного парламента. Вероятно, в связи с удачей первого политического выступления в качестве представителя университета в Лондоне находятся выборы Ньютона членом парламента от университета в 1688 г. В 1688 и 1689 гг. большую часть времени Ньютон проводит в Лондоне.

Зная характер Ньютона, не легко вообразить его в парламенте, тем более что за все пребывание там он не сказал ни слова. Предание сохранило анекдот о том, что Палата общин услышала голос Ньютона только один раз, когда он обратился с просьбой к сторожу закрыть форточку в зале заседания.

Впрочем, повидимому, Ньютон-депутат довольно много помог университету как посредник между новым правительством и университетом. Сохранились 13 писем Ньютона к вице-канцлеру университета Джону Ковелю с указаниями и советами политического характера. Позиция Ньютона как представителя партии вигов и сторонника короля Вильгельма оставалась ясной, несмотря на сложные колебания политического барометра.

В 1689 г. тяжело заболела мать Ньютона, и он отправился из Лондона в Вульсторп. Мать умерла на его руках. Нет документальных сведений об отношениях Ньютона к матери, но постоянные длительные наезды в Вульсторп с очевидностью говорят о глубокой привязанности его к матери.

Во время пребывания в Лондоне Ньютон посетил несколько заседаний Королевского Общества и познакомился впервые с Гюйгенсом. Оба выступили с сообщениями, причем трудно было придумать более неудачные темы. Ньютон докладывал о своих ошибочных измерениях двойного преломления исландского шпата в присутствии творца знаменитой теории двойного преломления, сохранившей значение по сей день; Гюйгенс же сообщил о своей неверной теории тяготения в присутствии автора «Начал»! В Лондоне Ньютон познакомился с философом Джоном Локком. Это знакомство имело большое влияние на Ньютона. Обоих мыслителей, в частности, объединяли интересы

к богословию и алхимии. В 1690 г. Ньютоном написано богословское исследование на тему: «Два важных искажения в священном писании», обнаруживающее его большую эрудицию в этом деле и вместе с тем свидетельствующее об его неуверенности в основном догмате троичности. Для своего времени обстоятельство это было немаловажным. К этому же времени относятся работы Ньютона над толкованиями книги пророка Даниила и Апокалипсиса.

Локк познакомил Ньютона в Лондоне с вельможами короля Вильяма, лордом Монмоутом, Мэшемами и Сомерсом. Это облегчало дальнейшую карьеру Ньютона.

С другой стороны, влияние Ньютона немедленно отразилось и на воззрениях Локка. В «Мыслях о воспитании», опубликованных Локком в 1693 г. (русский перевод А. Баскатова, 3-е издание, Москва, 1913), имеются строки, очень симптоматичные, как показатель распространения ньютоновских воззрений в широких кругах: «Несравненный мистер Ньютон показал нам, насколько математика, приложенная к известным областям природы, может при помощи некоторых принципов, оправдываемых фактами, подвинуть нас в познании хотя бы отдельных областей вселенной, непостижимой для нас в ее целом. И если бы другие дали нам столь же верное и точное описание каких-либо других областей природы, какое этот ученый сделал относительно нашего планетного мира и наиболее замечательных явлений, наблюдаемых в нем, в своем превосходном труде: «Philosophiae naturalis principia mathematica», то мы могли бы надеяться со временем получить гораздо более достоверное и очевидное знание многих частей удивительного механизма мира, чем какого достигли до сих пор, и хотя очень мало людей, настолько сведущих в математике, чтобы понять вполне доказательства мистера Ньютона, тем не менее, принимая во внимание отзывы наиболее сведущих математиков, исследовавших их и признавших их неопровержимыми, книга мистера Ньютона вполне заслуживает прочтения и принесет не мало пользы и удовольствия тому, кто, желая уразуметь движения, свойства и действия больших масс вещества в нашей солнечной системе, усвоит хотя бы только выводы этого сочинения, на которые можно положиться, как на вполне доказанные истины».

Кончив свои обязанности в парламенте, Ньютон с февраля 1690 г. вернулся в Кэмбридж.

Ко времени 1690—1693 гг. относится самый мрачный эпизод в жизни Ньютона — его временное психическое расстройство. Сам Ньютон, его родственники, ближайшие ученики и биографы XVIII столетия тщательно сохраняли в тайне эту его болезнь. Сохранилось, однако, несколько писем Ньютона, являющихся неопровержимым свидетельством болезни. Молва связывала помешательство Ньютона с пожаром в его кабинете, причем будто бы погибло много рукописей и незаконченных трудов. Об этом пожаре пишет, например, математик Уоллис Лейбницу в 1696 г., говоря о старых бумагах и письмах Ньютона, на которых можно обосновать его право на открытие флюксионного исчисления. Уоллис замечает, что «значительная часть бумаг Ньютона сгорела». Многие рукописи Ньютона закопчены и носят следы пожара. О том, что говорили обыватели в Кэмбридже про пожар и болезнь Ньютона, можно судить по записи в дневнике студента Абрагама де-ля-Прим, рукопись которого под заглавием «Ephemeris vitae» хранится в Кэмбридже. Под датою «1692, 3 февраля» записано:

«Я должен передать о том, что сегодня слышал. Есть здесь некто мистер Ньютон (которого я часто видел), член Тринити колледжа, весьма знаменитый своей ученостью, блестящий математик, философ, богослов и пр. Членом Королевского Общества он с давних пор; среди других очень ученых книг и трактатов он написал один о математических началах философии, доставивший ему славное имя; он получил массу поздравительных писем по поводу этой книги, особенно из Шотландии. Но среди всех написанных им книг была одна о цветах и свете, основанная на тысячах опытов, которые он производил двадцать лет, затратив на них много сотен фунтов. Эта книга, которую он столь высоко ценил, о которой столь говорили, погибла и безвозвратно потерялась как раз в то время, когда ученый автор почти ее заканчивал, следующим образом: однажды зимою, утром, оставив книгу с другими бумагами на рабочем столе, он ушел в церковь. Свеча, которую он, по несчастью, оставил горящей, подожгла каким-то образом бумаги, от них загорелась книга,

а вместе с нею и другие ценные рукописи; наиболее удивительно, что пожар на этом кончился. Когда мистер Ньютон вернулся из церкви и увидел, что произошло, то все думали, что он сошел с ума: он был настолько потрясен происшествием, что только через месяц пришел в себя».

Молва покатилась дальше; в рукописях Гюйгенса сохранилась следующая собственноручная запись:

«29 мая 1694 г. шотландец Кольм рассказывал мне, что знаменитый геометр Исаак Ньютон полтора года тому назад впал в умопомешательство, отчасти вследствие чрезмерных трудов, отчасти же от горести, причиненной ему пожаром, истребившим его химическую лабораторию и некоторые рукописи. Когда он затем заходил к архиепископу кэмбриджскому, то присутствовавшие там заметили умственное расстройство Ньютона. Поэтому друзья приняли меры, заперли его дома, заставили волей-неволей принимать лекарства, благодаря чему он уже настолько поправился, что начинает понимать свою книгу «Начала».

Можно думать, однако, что окончательное излечение Ньютона произошло не скоро. По записи студента де-ля-Прим начало болезни нужно отнести к концу 1691 или началу 1692 г., но еще от сентября 1693 г. сохранились странные письма Ньютона к секретарю Адмиралтейства и президенту Королевского Общества Пепису и философу Локку, явно свидетельствующие о ненормальности Ньютона. В письме к Пепису Ньютон пишет: «Я чрезвычайно потрясен путаницей, в которую попал; все эти двенадцать месяцев я плохо ел и спал и не имею прежней стойкости ума; я никогда не надеялся достигнуть чего-либо при Вашей помощи или посредством милости короля Джемса, но стал теперь настолько возбужденным, что должен отказаться от знакомства с Вами и не видеть ни Вас, ни кого-либо из остальных моих друзей, если я только хочу оставить их в покое». Встревоженный Пепис обратился за справками о здоровье Ньютона к Миллингтону в Кэмбридже. В ответе последнего сообщается следующее:

«Я встретил Ньютона 28 сентября, и, прежде чем я сам его спросил, он сказал мне, что написал Вам очень неловкое письмо, которое его очень смущает; он прибавил, что находился в раздраженном состоянии, с больною голо-

вой и не спал почти пять ночей подряд. Он просит при случае передать Вам это и попросить Вас его извинить. Теперь он чувствует себя хорошо, и хотя, мне кажется, находится в небольшой степени меланхолии, однако полагаю, нет оснований подозревать окончательное умственное расстройство, чего, надеюсь, и не будет».

Не менее странное письмо было послано Локку три дня спустя после письма к Пепису: «Сэр, полагая, что Вы намерены запутать меня с женщинами, а также иными способами, я был столь возбужден этим, что когда мне рассказали, что Вы больны и не выживете, я ответил, что будет лучше, если Вы умрете» и т. д. Через три недели, 5 октября, Ньютон посылает другое, извинительное письмо Локку, в котором также есть странности: «Сэр! засыпая слишком часто в последнюю зиму у огня, я получил болезненную привычку спать; расстройство, ставшее за это лето эпидемическим, выбило меня далее из колеи, так что когда я Вам писал, я не спал ни одного часа ночью в течение пяти дней. Помню, что писал Вам, но что писал по поводу Вашей книги, не помню».

Эти документы с несомненностью показывают, что в течение не менее двух лет (1692—1693) Ньютон чувствовал тяжелые психические недомогания, страдая, повидимому, манией преследования. Говорить о резком умопомешательстве нельзя: повидимому, за припадками следовали длительные промежутки просветления. Колоссальное умственное напряжение при создании «Начал» не прошло даром и кончилось болезненным переутомлением.

Легенды, созданные вокруг этого мрачного периода в жизни Ньютона, неизменно указывают на пожар в комнате или лаборатории Ньютона как на основную причину. В качестве виновницы фигурирует домашняя собака Даймонд, будто бы опрокинувшая свечу на груду рукописей. Место действия иногда переносится в Лондон. В материалах, собранных Кондуиттом, есть сведения, что сгорели оптические работы, трактат по химии и большое сочинение по акустике, по полноте своей и стилю будто бы похожее на «Оптику». Фантастичность таких рассказов очевидна, но, вместе с тем, может быть, в них есть и доля правды.

После возвращения из Лондона в Кэмбридж и до отъезда в Лондон навсегда, т. е. с 1690 по 1696 г., Ньютон

вернулся к прежнему образу жизни. Необъятное содержание «Начал» требовало неизбежных исправлений и дополнений. Наиболее интересна и практически важна была задача о движении Луны. Вследствие влияния Солнца и различных планет движение Луны протекает очень запутанно. Перед нами пример труднейшего случая так называемой задачи о трех телах (или даже о большем числе тел). Опираясь на наблюдения Флэмстида, Ньютон работал над проблемой Луны до переезда в Лондон, а затем и в Лондоне. Продолжались химические опыты и обычная академическая деятельность в колледже. Вместе с тем в жизни Ньютона чувствовался резкий перелом. Политическая деятельность, жизнь в Лондоне не прошли без следа. Еще до возвращения в Тринити колледж Ньютон стал выяснять возможность получения какой-либо должности в Лондоне, более выгодной с материальной стороны. В этих поисках ему помогали друзья, Локк, Монтэгю и другие. Такая тяга к Лондону и к улучшению материальных дел мало понятны, если вспомнить все, что мы знаем о скромном кэмбриджском затворнике и вульсторпском фермере. По расчету Мора, доходы Ньютона в Кэмбридже давали ему несомненно необходимое для спокойной, обеспеченной жизни ученого. С другой стороны, в девяностых годах, после триумфа, связанного с публикацией «Начал», Ньютон не возвращался к прежнему намерению бросить «философию».

В эту эпоху Ньютону было около пятидесяти лет, и, может быть, переутомление, болезнь, опасения за будущее заставили искать чего-нибудь более прочного.

В 1694 г. друг Ньютона, бывший студент Тринити колледжа, блестящий Чарльз Монтэгю (впоследствии граф Галифакс), получил министерский пост канцлера казначейства, и осенью по Лондону распространился слух, что Ньютон получает должность хранителя Монетного двора (warden of Mint). 14 марта 1696 г. Ньютон в письме к Галлею пытается отказаться от этого. Он пишет: «Если вновь появятся слухи о предложении, делаемом мне в Монетном дворе после смерти Мр. Хора или по другому случаю, то прошу Вас рассеять их и осведомить Ваших друзей, что я не желаю никакого места на Монетном дворе и не предполагаю занимать место Мр. Хора, если оно

мне будет предложено». Но через 15 дней, 29 марта 1696 г., Монтэгю послал Ньютону извещение о его официальном назначении хранителем Монетного двора. «Это главная должность в Монетном дворе с 500—600 фунтами в год, а дело требует времени не больше, чем Вы можете уделить», писал Монтэгю.

Делая такое предложение Ньютону, Монтэгю, кроме предоставления хорошего места, вероятно, рассчитывал на знания Ньютона в металлургическом и химическом деле, что представлялось важным при осуществлении большой финансовой реформы (перечеканка монеты).

Ньютон переселяется в Лондон. Немалая административная и практическая деятельность резко отрывает Ньютона от научной работы. Внешние почести начинают изливаться на Ньютона с тех пор, как на него обращено внимание двора. В 1699 г. Ньютон получает звание главного директора Монетного двора (Master of Mint) с еще бо́льшим окладом и отказывается от доходов, связанных с кафедрой в Кэмбридже, поручая заведывание ею Уитстону. В 1701 г. он окончательно отказывается от люкасовской кафедры. В 1697 г. Ньютон получает через Кассини предложение пенсии от короля французского, от которой он отказывается; в 1699 г. он избирается членом Парижской Академии наук. В 1703 г. Ньютон становится президентом Королевского Общества, каковым и остается до конца жизни. В 1705 г. королева Анна возводит Ньютона в дворянство, Ньютон становится «сэром Исааком», участвует в различных парламентских и министерских комиссиях, бывает при дворе, становится салонным философом принцессы Уэльской. Знаменитым спором Ньютона с Лейбницем интересуются король и двор.

Такова внешняя обстановка жизни Ньютона за последние тридцать лет.





ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

Математические исследования Ньютона. Спор с Лейбницем

Математические дарования, подобно музыкальным, нередко врожденны, проявляются рано и органически определяют склад ума данного человека. Ньютон был таким врожденным математиком. «Для того чтобы научиться математике,— говорил Фонтенелль в похвальном слове памяти Ньютона в 1727 г.,— Ньютон не изучал Эвклида, который казался ему слишком ясным, слишком простым, не стоящим затраты времени; он знал его в некотором смысле раньше, чем его прочитал; один взгляд на текст теорем мгновенно создавал и доказательство. Он перешел сразу к таким книгам, как «Геометрия» Декарта и «Оптика» Кеплера. По отношению к Ньютону можно бы применить то, что Лукиан сказал о Ниле, истоки которого были неизвестны древним: «Человеку не позволено видеть Нил слабым и рождающимся». В этой пышной фразе XVIII в. есть, конечно, преувеличение и даже ошибки. Именно Эвклид, классический геометрический метод древних, был основным орудием математических изысканий Ньютона; Ньютон мыслил геометрически, а на полях экземпляра геометрии Декарта сохранилась собственноручная пометка Ньютона: «Это не геометрия». Недавно найден ньютоновский Эвклид, поля которого испещрены заметками и чертежами Ньютона (рис. 27).

Направление математической мысли Ньютона дано несомненно Барроу, его учителем; он был его непосредственным предшественником в методе флюксий. «Лекции по геометрии» И. Барроу, в редактировании которых

Ньютон принимал участие, так же как и «Лекции по оптике», во многом напоминают великого ученика И. Барроу. Замечательно, что геометрические кривые для Барроу в сущности кинематические, так как изменения, выражаемые ими, трактуются как функция времени. Вводная первая лекция Барроу посвящена понятию времени. «Время, по Барроу, есть постоянство вещи в ее существовании» и является «абсолютным количеством». На вопрос о том, существовало ли время прежде вещей и можно ли говорить о времени там, где нет ничего, Барроу отвечает утвердительно, так же как и в отношении пространства. «Время,— пишет он,— не есть актуальное существование, но возможность постоянного длящегося существования, так же как пространство обозначает способность существования величины». Мы узнаем в этих словах первые эскизы ньютоновских определений пространства и времени в «Началах».

Недавно Мор опубликовал неизвестное письмо Ньютона, очень важное для понимания источников математических направлений мысли Ньютона: «Намек на метод (метод флюксий) я получил из способа Ферма проведения касательных; применяя его к абстрактным уравнениям прямо и обратно, я сделал его общим. М-р Грегори и д-р Барроу применяли и улучшили этот метод проведения касательных. Одна моя статья послужила оказией для д-ра Барроу показать мне его метод касательных до включения его в 10-ю лекцию по геометрии. Ибо я — тот друг, о котором он там упоминает». Из письма явствует, таким образом, с несомненностью влияние работ Ферма как на Барроу, так и на Ньютона. Большое значение для обоих имели также работы Джона Уоллиса, собранные в книге «Универсальная арифметика, или новый метод исследования квадратуры кривых линий» (1665).

Все основные математические работы Ньютона фактически выполнены до того поворотного периода в девяностых годах, о котором говорилось в предыдущей главе, но в печати появились только после переселения Ньютона в Лондон. При этом опубликование математических работ у Ньютона почти во всех случаях было вынужденным главным образом спорами о приоритете с Лейбницем. Это обстоятельство весьма знаменательно. Становится ясным,



Рис. 26. Реконструкция гостиной в квартире Ньютона на улице св. Мартина, на которой он жил с 1710 по 1725 гг. Часть мебели — подлинная. Реконструкция расположена в библиотеке Института Бэбсона.

1. *Hyp.* Si fieri potest, sit D ipsarum AC, AB communis mensura. [a] ergò D metitur AC — AB (BC). [b] ergò AB ⊓ BC, contra Hypoth.

2. *Hyp.* Dic AB ⊓̸ BC. [c] ergò AC ⊓̸ AB, contra Hypoth.

a 3. *ax.* 10.
b 1. *def.* 10.
c 16. 10.

Coroll.

Hinc etiam, si tota magnitudo ex duabus composita, incommensurabilis sit alteri ipsarum, eadem & reliquæ incommensurabilis erit.

PROP. XVIII.

Si fuerint duæ rectæ lineæ inæquales AB, GK; *quartæ autem parti quadrati, quod fit à minori* GK, *æquale parallelogrammum* ADB *ad majorem* AB *applicetur, deficiens figurâ quadratâ, & in partes* AD, DB *longitudine commensurabiles ipsam dividat, major* AB *tanto plus poterit quàm minor* GK, *quantum est quadratum rectæ lineæ* FD *sibi longitudine commensurabilis: Quòd si major* AB *tanto plus possit, quàm minor* GK, *quantum est quadratum rectæ lineæ* FD *sibi longitudine commensurabilis; quartæ autem parti quadrati, quod fit à minori* GK, *æquale parallelogrammum* ADB *ad majorem* AB *applicetur, deficiens figurâ quadratâ, in partes* AD, DB *longitudine commensurabiles ipsam dividet,*

[a] Biseca GK in H; & [b] fac rectang. ADB = GHq: abscinde AF = DB. Estque ABq [c] = 4 ADB [d] (4 GHq. vel GKq) + FDq. Jam primò,

a 10. 1.
b 28. 6.
c 8. 2.
d constr. & 4. 2.

Рис. 27. Страница из «Элементов» Эвклида, принадлежавших Ньютону, с его пометками на полях.

что математическая работа для Ньютона имела главным образом вспомогательное значение орудия при физических изысканиях.

Выше упоминалось, что в эпоху создания «Начал» Ньютон охотно называл себя «математиком». Но при этом, надо думать, имелась цель главным образом отграничить физику принципов от физики гипотез. Физика принципов с формальной стороны подобна геометрии и построена чисто математически; физика гипотез, по крайней мере во времена Ньютона (Декарт, Гук), была совершенно далека от математической стройности, и только Гюйгенс в своем «Трактате о свете» сделал первый опыт математической обработки гипотезы (волновая гипотеза). Математика в руках Ньютона была могучим средством синтетического исследования природы. Характерно, что даже самая терминология нового исчисления бесконечно малых, введенная Ньютоном: «флюксия», «флюента» (от слова текущий), «момент», взята из механических образов и в этом смысле значительно конкретнее «дифференциалов» и «интегралов» Лейбница. Характерно также, что в своей «Универсальной арифметике» (Arithmetica Universalis), поясняя текст, Ньютон дает иногда чисто физические задачи. Одна из них вошла во все задачники по физике, хотя происхождение ее и мало кому известно: «Камень падает в колодец; определить глубину колодца по звуку, происходящему при ударе камня о дно».

Служебная практическая роль математики в руках Ньютона не умаляет, конечно, значения его великих открытий в этой области. Новые запросы физики требовали и новой математики, новых методов. Анализ бесконечно малых был совершенно необходим для разрешения задач новой механики. Физика и математика всегда помогали одна другой, и развитие их часто не разделимо. При этом иногда физика опережала математику, ставя перед ней новые задачи, иногда, наоборот, в математике создавались целые большие разделы и главы «в прок». Физика пользовалась ими, в некоторых случаях много позднее их создания. Так, в XIX в. параллельно теории электромагнитного поля развиваются векторный анализ и теория кватернионов; в наше время, в связи с теорией относительности, стимулы к дальнейшему развитию по-

лучили тензорное исчисление и неэвклидова геометрия. Ряд задач оптики, теории газов и т. д. настойчиво требует развития теории интегральных уравнений. Для интерпретации квантовых явлений применена математическая теория групп и т. д. В наше время труд дифференцировался. Физики ставят задачи, математики дают методы их решения. Ньютон одновременно делал и то и другое.

Открытие исчисления бесконечно малых является бесспорно важнейшим фактом в истории математики и человеческой мысли вообще. Классический метод Эвклида, Архимеда, Аполлония и других геометров древности дает возможность устанавливать количественные соотношения между различными переменными величинами в некоторых даже весьма сложных случаях. Однако приемы решения почти в каждой задаче различные; нужно было обладать особым геометрическим гением Архимеда, Ньютона, Пуансо с их неисчерпаемой изобретательностью, чтобы проводить геометрический метод систематически. Великое дело Декарта—создание аналитической геометрии—перекинуло мост между алгеброй и геометрией; одно и то же соотношение при помощи метода координат стало возможным изображать аналитически (в виде формулы) или геометрически. Для решения геометрических задач открылся новый путь и обратно: геометрические задачи можно было свести к аналитическим. Оставалось, однако, одно затруднение.

Кривая фигура отличается от фигуры, ограниченной прямыми линиями, тем, что направление ограничивающей линии меняется постоянно и непрерывно: бесконечно малое продвижение по кривой сопровождается и бесконечно малым изменением направления. По таким непрерывным кривым происходят многие изменения в природе: планеты описывают эллипсы, вращающиеся тела—круги, падающие тела—параболы и т. д.; тяжелая нить, подвешенная за два конца, свешивается по так называемой цепной линии. Если изображать графически при помощи системы координат связь между явлениями природы, мы будем также получать кривые, непрерывно изменяющиеся линии. Изображая, например, связь между объемом и давлением газа по закону Бойля-Мариотта, получим гиперболу; оптические диффракционные явления изображаются спиралью (спираль Корню) и т. д. Прямолинейная зависи-

мость — редкий случай в природе, и потому изучение свойств кривых линий стало насущной задачей науки с давних пор. Но применение математических приемов древности к кривым линиям всегда было затруднительно. Архимед побеждал это затруднение в некоторых случаях. Первые достаточно общие приемы проведения касательных, определяющих направление кривой в каждой точке, были предложены в первой половине и в середине XVII в. Декартом, Ферма, Паскалем, Уоллисом, Барроу и др. В этих приемах было, однако, не мало дефектов. Они не только не распространялись на трансцендентные кривые, но и по отношению к алгебраическим кривым были применимы не во всех случаях. Основным недостатком была также чисто геометрическая трактовка вопроса. Нужно было найти аналитический способ, заменяющий геометрический образ касательной. Эта задача аналитической характеристики бесконечно малых изменений кривых (или, общée, функций) и была разрешена Ньютоном, повидимому, еще в шестидесятых годах XVII в. и позднее—вероятно, совершенно независимо — Лейбницем. Чертеж, изображающий некоторую кривую, отнесенную к определенным осям координат, одновременно наглядно показывает площадь, замыкаемую данной кривой, или ее отрезком. В связи с этим находится вторая основная задача анализа — выражение этих площадей, если дано уравнение кривой (квадратуры, или интегральное исчисление).

В 1669 г. Ньютон передал на просмотр Барроу мемуар «De analysi per aequationes numero terminorum infinitas» (Об анализе уравнениями бесконечных рядов); главный его предмет — квадратуры. Ньютон вычисляет площадь, описываемую кривой, выражающейся уравнением

$$y = ax^{\frac{m}{n}}, \tag{6}$$

и находит для площади выражение

$$\frac{a \cdot n}{m+n} \cdot x^{\frac{m+n}{n}},$$

Квадратура сложных кривых сводится Ньютоном к квадратуре слагаемых; указываются приемы предварительной

обработки уравнений сложных кривых путем разложения дробей и корней в степенные ряды и т. д. Посылая для ознакомления рукопись Ньютона Коллинсу, Барроу рекомендует Ньютона как очень молодого еще магистра с необычайными способностями. Это сочинение, с согласия Ньютона, было издано Джонсом только в 1711 г., в связи с полемикой Ньютона и Лейбница; следов метода флюксий в нем еще нет. Последний был высказан Ньютоном в другом сочинении, изданном только после его смерти Джоном Кользоном в 1736 г. под заглавием «Метод флюксий и бесконечные ряды» (The method of fluxions and infinite series); в собраниях трудов Ньютона то же сочинение печатается под заглавием «Аналитическая геометрия» (Geometria analytica). Ньютон называет флюентами (текущими) переменные величины, входящие в уравнения. Скорости изменения прироста флюент, т. е. отношения бесконечно малого прироста одной флюенты к соответствующему бесконечно малому приросту другой флюенты, Ньютон называет флюксиями. Бесконечно малый прирост флюенты (в общепринятой терминологии Лейбница—дифференциал) Ньютон обозначает символом $o. \dot{x}$, самую же флюксию через $\dot{x}$. В указанном трактате Ньютон сначала дает теорию разложения функций в ряды и затем переходит к основной задаче флюксионного исчисления: отысканию отношений флюксий, если дано соотношение между флюентами. Дается также способ вычисления отношения флюксий; далее разбирается вторая основная задача анализа бесконечно малых: из данного отношения между флюксиями найти отношение между флюентами (задача интегрального исчисления). Попутно решается ряд важнейших задач анализа: решение простейших дифференциальных уравнений, определение минимумов и максимумов функций, нахождение касательных и подкасательных, определение кривизны и точек перегиба кривых, вычисление площадей, замыкаемых кривыми, и длин отрезков кривых.

Этот перечень мало что скажет читателю, не знакомому с начатками анализа, для тех же, кому это известно, уже из одного перечня ясно, что по крайней мере дифференциальное исчисление в основных чертах изложено в трактате Ньютона. Последний, как мы уже говорили, был опубликован только после смерти Ньютона, причем изда-

тель пользовался несколькими незаконченными манускриптами. С этой точки зрения трактат многое теряет в глазах скрупулезного судьи в смысле юридического доказательства прав Ньютона на приоритет.

Ньютон знал цену своему великому открытию и закрепил отчасти свои права письмом к Коллинсу от 1672 г. Коллинс, как в свое время говорилось, был центром научной переписки английских математиков с иностранными. Ньютон сообщил Коллинсу о своем открытии в общей форме, не указывая самого метода, а поясняя его несколькими примерами. Это письмо служило впоследствии опорным пунктом в споре Ньютона с Лейбницем.

В связи с этим придется кратко изложить перипетии этого злополучного длительного спора. Письмо к Коллинсу было послано в декабре 1672 г. В начале 1673 г. Лейбниц в течение нескольких месяцев был в Лондоне и часто посещал секретаря Королевского Общества Ольденбурга, который до известной степени был в курсе математических работ Ньютона. Из Лондона Лейбниц направился в Париж, где вместе с Гюйгенсом усиленно занялся математикой. В 1674 г. Ольденбург сообщил Лейбницу о существовании нового общего метода Ньютона, сущность метода при этом, однако, не излагалась. В 1676 г. Лейбниц проездом был снова в Англии и лично познакомился с Коллинсом. Впоследствии, в разгаре спора, защитники прав Ньютона указывали, что при этом случае Лейбниц мог узнать содержание работ Ньютона из рукописей, хранившихся у Коллинса. В 1676 г. Ньютон пишет через Ольденбурга Лейбницу письмо, в котором передает многое новое о разложении в ряды, сообщает и знаменитый бином (без доказательства); о методе бесконечно малых, однако, в письме не говорится. Только в следующем письме к Ольденбургу от 24 октября 1676 г. Ньютон говорит о новом методе. Он приводит результаты, достигнутые этим приемом, примеры его применения, самую же сущность метода сообщает в следующей зашифрованной строчке:

6 *aeccdae* 13*eff* 7*i* 3*l* 9*n* 4*o* 4*qrr* 4*s* 9*t* 12*vx*;

числовые коэффициенты, стоящие перед буквами, указывают, сколько раз данная буква повторяется в тексте зашифрованной фразы. Если знать, что фраза написана

по-латински, то при хорошем знакомстве с языком ее можно расшифровать. От этого, впрочем, дело не проясняется. Фраза в расшифрованном виде была опубликована в «Началах». Текст ее следующий: «Data aequatione quotcunque fluentes quantitates involvente fluxiones invenire et vice versa» (Дано уравнение, заключающее в себе текущие количества (флюенты), найти течения (флюксии) и наоборот). Понять отсюда сущность открытия было невозможно. Детальное изложение метода скрыто более сложной шифровкой. Лейбниц парирует загадки Ньютона в письме от 21 июня 1677 г. достаточно ясным изложением основ дифференциального исчисления, отличающегося по существу от метода флюксий только символикой. На этом переписка кончилась. Длительное изучение вопроса привело историков математики к единому выводу: основы анализа бесконечно малых открыты Ньютоном и Лейбницем независимо, причем несомненно, что открытие Ньютона было сделано несколькими годами раньше.

Шифровка Ньютона в письме к Лейбницу и, наоборот, открытое, ясное изложение метода Лейбницем в его ответе ставятся некоторыми историками в упрек Ньютону. Упрек едва ли справедливый. Обычай скрывать еще не вполне обработанные результаты научной работы в виде анаграмм или шифров был распространен в старые времена и сохранился в несколько измененном виде и теперь. Прямая цель при этом — предотвращение параллелизма в научных работах и сохранение за автором его прав на первенство. После того как Ньютон вполне ясно изложил ту область, на которую простирался его метод и главные результаты приложения метода, Лейбницу, конечно, ничего другого не оставалось, как показать совершенно отчетливо Ньютону, что и он, независимо, пришел к тому же методу, причем, несмотря на шифр Ньютона, нужно было изложить и самый метод. Ньютон и Лейбниц высказали в переписке только то, что вынуждены были высказать, и потому противопоставление скрытности Ньютона благородству Лейбница не основательно.

В 1684 г. в лейпцигском журнале «Acta Eruditorum» (Деяния ученых) появляется первый мемуар Лейбница, посвященный дифференциальному исчислению; при этом Лейбниц сделал непонятный тактический промах, совер-

шенно не упоминая имени Ньютона. Ошибка исправляется во втором мемуаре, где излагаются начала интегрального исчисления. Перечисляя длинный ряд имен предшественников, подготовивших почву для создания анализа бесконечно малых, Лейбниц указывает и Ньютона. «Ньютон подошел к открытию квадратур при помощи бесконечных рядов не только совершенно независимо, но он настолько дополнил метод вообще, что издание его работ, до сих пор не получившее осуществления, явилось бы несомненно поводом новых больших успехов в науке». Эта фраза давала неопределенное представление о достижениях Ньютона. Ньютон в следующем году в первом издании «Начал» отозвался о работах Лейбница совершенно объективно.

В знаменитом «Поучении» во второй книге «Начал» Ньютон пишет следующее по поводу метода флюксий: «В письмах, которыми около десяти лет тому назад я обменивался с весьма искусным математиком Г. Г. Лейбницем, я ему сообщал, что обладаю методом для определения максимумов и минимумов, проведения касательных и решения тому подобных вопросов, одинаково приложимых как для членов рациональных, так и для иррациональных, причем я метод скрыл, переставив буквы следующего предложения: «когда задано уравнение, содержащее любое число текущих количеств, найти флюксии и обратно». Знаменитейший муж отвечал мне, что он также напал на такой метод и сообщил мне свой метод, который оказался едва отличающимся от моего, и то только терминами и начертанием формул».

Естественно поставить вопрос, весьма существенный для понимания характера Ньютона: почему же он не опубликовал своевременно своего метода? Вопрос остается и в наше время большой психологической загадкой. Есть основания полагать, как мы уже говорили, что математика в глазах Ньютона играла вспомогательную роль в физическом исследовании. Окончательную обработку мемуара о методе флюксий в 1671 г. (или около этого времени) задержали начавшиеся обширные экспериментальные исследования в области оптики; Ньютон отложил новый метод как менее важное в сравнении с открывшейся перед ним новой областью опыта, ему некогда было окончить математическую работу. Ко времени окончания основных

исследований в области света (1675—1676) началась упомянутая выше переписка Лейбница с Ньютоном, из которой последний убедился, что его метод найден другим. Ньютон закрепил свои права в указанном письме к Лейбницу, и опубликование нового метода потеряло свою остроту — метод стал уже известным, и нужно было только гарантировать приоритет. Ограничившись этим, Ньютон приступил к реализации новых огромных физических замыслов в области механики. Почему Ньютон не обработал «Начал» с математической стороны по новому методу? Об этом уже говорилось при разборе «Начал». Написать «Начала» на новом математическом языке значило сделать их непонятными никому из современников, значило вовлечься в новые неизбежные пререкания чисто математического свойства. Даже такой математик, как Гюйгенс, уже в 1692 г. писал Лейбницу, что ему непонятны преимущества дифференциального исчисления в сравнении со старыми приемами. Математическая сторона в «Началах» для Ньютона имела второстепенное значение в сравнении с их физическим содержанием. Ньютон снова пошел по линии наименьшего сопротивления, ограничившись кратким указанием наличия метода флюксий и решения нескольких задач. После издания «Начал» на очереди снова стояла важная физическая задача: детальное изучение движения Луны. Снова не было времени, и снова физика и астрономия стояли на первом месте в сравнении с математикой. Таково одно из возможных объяснений того обстоятельства, что Ньютон не печатал своего «Метода флюксий» до девяностых годов XVII в. Гигантская работа, не оставлявшая времени для издания своих трудов, кончилась, как мы знаем, умственным переутомлением и психической болезнью, после которой и характер и размеры деятельности Ньютона резко изменились. Административный пост, связанный с работой, далекой от науки, шумная жизнь Лондона, активная деятельность в Королевском Обществе — все это, конечно, отрывало от продолжения регулярных исследований.

Математический гений еще сохранился, старый лев изредка показывал когти. В 1697 г. Иоганн Бернулли сделал геометрам вызов: решить задачу о кривой, по которой тело под действием одной силы тяжести переходит из одной точки в другую. Ньютон решил задачу в не-

сколько часов. Читая неподписанное решение в «Philosophical Transactions», Бернулли тотчас отгадал автора «tamquam ex ungue leonem» (как льва по когтям).

В девяностых годах новый анализ в форме Лейбница начал быстро прививаться. Сначала Якоб Бернулли, затем его брат Иоганн достигли поразительных успехов в новом исчислении. Во Франции маркиз Л'Опиталь издал в 1693 г. первый подробный курс дифференциального исчисления. Новый метод был принят математиками Европы и естественно связывался только с именем Лейбница, давшим анализу удобные, изящные формы и приемы. Как бы предчувствуя неизбежную борьбу за приоритет, Лейбниц в 1693 г. обратился к Ньютону с предложением возобновить переписку. Ответ Ньютона дружественный и спокойный. «Наш Уоллис,— пишет Ньютон,— присоединил к своей «Алгебре» только что появившиеся некоторые из писем, которые я писал к тебе[35] в свое время. При этом он потребовал от меня, чтобы я изложил открыто тот метод, который я в то время скрыл от тебя перестановлением букв; я сделал это коротко, насколько мог. Надеюсь, что я при этом не написал ничего, что было бы тебе неприятно, если же это случилось, то прошу сообщить, потому что друзья мне дороже математических открытий». Переписка на этом, однако, пресеклась.

Следует подчеркнуть необычайное спокойствие и беззаботность Ньютона по поводу своих прав в это время. Триумфальное шествие нового исчисления под маркою дифференциального исчисления Лейбница начинает, однако, беспокоить национальную гордость английских патриотов. В 1695 г. престарелый Уоллис пишет характерное письмо Ньютону: «Вы не заботитесь как следует о Вашей чести и чести нации, удерживая столь долго Ваши ценные открытия». Однако даже такие вызовы не действовали на Ньютона: он попрежнему молчал. Непосредственным зачинщиком распри Ньютона с Лейбницем явился женевский математик, переселившийся в Лондон, Фацио Дюилье (Fatio de Duillier). Обиженный на Лейбница по различным причинам, Фацио напечатал в 1699 г. небольшую книгу, в которой, между прочим, не только подчеркнул, что Ньютон первый открыл новый метод, но сделал легкий намек на возможность плагиата со стороны Лейбница. Лейб-

ниц отнесся к этому обвинению спокойно и указал, что не имеет никакого намерения вступать с Ньютоном в прения о первенстве: он исполнен к нему глубокого уважения и уверен, что Ньютон не одобряет писаний Фацио.

Распря разгорелась снова в связи с появлением в 1704 г. «Оптики» Ньютона. К первому изданию «Оптики» Ньютон приложил два трактата: «De quadratura curvarum» (О квадратуре кривых) и «Enumeratio linearum tertii ordinis» (Перечисление линий третьего порядка). С «Оптикой» эти мемуары соединены чисто внешним образом и в последующих изданиях опущены; появление их, несомненно, связано с начавшимися спорами, как на это и указано в предисловии. В первом трактате Ньютон дает, наконец, долгожданное печатное изложение метода флюксий и применяет его к квадратурам. Оба мемуара в своей основной части относятся, несомненно, к семидесятым годам. В безымянной, но написанной, очевидно, Лейбницем рецензии на «Оптику» в «Acta eruditorum» при всех похвалах, расточаемых по адресу Ньютона, рецензент истолковывает выводы Ньютона в терминах дифференциального исчисления Лейбница. Сам Ньютон, как он утверждал позднее, понял эту рецензию как прямое обвинение в плагиате. Распря началась; один из самых ревностных учеников Ньютона Джон Кейль обернул аргументацию рецензента и в своем мемуаре «О законе центральных сил» в 1708 г. поместил такой абзац: «Все это следует из столь знаменитого теперь метода флюксий, первым изобретателем которого был, без сомнения, сэр Исаак Ньютон, как в этом легко убедится каждый, кто прочтет его письма, опубликованные Уоллисом. То же исчисление опубликовано позднее Лейбницем в «Acta eruditorum», причем он только изменил название, вид и способ обозначений». Лейбниц, как член Королевского Общества, обратился с жалобой на Кейля к секретарю Общества. Однако обвинения Лейбница в плагиате стали раздаваться еще определеннее. Общество избрало специальную комиссию для разбора спора Лейбница с Кейлем. Большинство комиссии состояло из приверженцев и учеников Ньютона. В середине 1713 г. вышла книга, являющаяся результатом работы комиссии, под заглавием «Commercium epistolicum D. Johanius Collins et aliorum de Analysi

promota» (Переписка Д. Н. Коллинса и других о новом анализе). В книге изложена уже известная нам переписка и приведено мотивированное решение комиссии, кончающееся следующей фразой: «По этим основаниям мы считаем Ньютона первым изобретателем и думаем, что Кейль, утверждая это, не сделал ничего несправедливого по отношению к Лейбницу». «Переписка» вторым изданием появилась в 1722 г., а также вышла во Франции.

Мы не предполагаем излагать сложных перипетий этого бесполезного спора, отравлявшего последние годы жизни и Ньютону и Лейбницу. Лейбниц отвечал на «Переписку» безымянным листком, где Ньютону бросался ряд упреков; напоминалась полемика Ньютона с Гуком, присваивание Ньютоном астрономических наблюдений Флэмстида и пр. В спор вовлекались все ученики Ньютона—Кейль, Котс, Тэйлор и др. До 1714 г. сам Ньютон старался оставаться в тени, но позднее ему пришлось вести полемику и от своего имени. Спором как спортивным развлечением заинтересовался двор, разыскивались различные посредники-примирители, еще более разжигавшие страсти. Спор не кончился и со смертью Лейбница в 1716 г., принимая характер научного состязания на новом математическом поприще. Силы Ньютона слабели, ученикам же было далеко до учителя, и зачастую они терпели поражение. Ньютон умер непримиренным. В 1717 г. в примечаниях к «Истории флюксионного исчисления» Джозефа Рафсона он писал: «Заимствовал ли Лейбниц метод, или изобрел сам, не имеет абсолютного значения, ибо второй изобретатель не имеет прав». В третьем издании «Начал», изданных Пембертоном, Ньютон исключил и то знаменитое «Поучение», которое мы приводим выше и в котором отдавалось должное Лейбницу. «Поучение» заменено другим, в котором передается содержание письма к Коллинсу.

В наше время, наконец, страсти остыли. Английские историки вполне оценили заслуги Лейбница, и, наоборот, немецкие историки, по крайней мере до-гитлеровского периода, признали приоритет Ньютона. Спор остается бессмысленным фактом, на который были затрачены последние силы двух гениальных людей. Сами они спора не хотели и вовлеклись в него рядом случайностей.

Великое открытие Ньютона и Лейбница — анализ бес-

конечно малых—продолжало неуклонно развиваться, развивается и теперь. Это — основная математическая форма современного естествознания и техники, и нет возможности учесть те неисчислимые благие результаты, которые принес с собою анализ в области теории и техники. В символах дифференциальных и интегральных уравнений и так называемого вариационного исчисления нашли свое выражение самые общие принципы физики. Отвлеченная идея непрерывности естественных процессов и явлений, лежащая в основе анализа бесконечно малых, оказалась если не совершенно верной, то необычайно плодотворной. Новая физика в некоторых пунктах отказалась от идеи непрерывности, идея атомизации, скачков, прерывностей глубоко проникла в современную науку. Атомизируется масса, электрический заряд, энергия, действие; классические дифференциальные уравнения получают статистический смысл и предполагаются верными только для среднего значения большого числа отдельных элементарных процессов. Но и при этом ограничении принципы анализа бесконечно малых сохраняют свое руководящее значение.

Математические труды Ньютона не ограничиваются открытием флюксионного исчисления. Знаменитая биноминальная теорема, метод приближенного решения уравнений, целый ряд замечательных геометрических теорем в «Началах», изящный трактат о кривых третьего порядка ставят Ньютона и помимо открытия анализа в число первых математиков его времени. Чтение его «Универсальной арифметики», составившейся из лекций в Кэмбридже и указанного «Перечисления кривых третьего порядка», доставит и теперь глубокое удовольствие всякому геометру и любителю математики [36].

Нужно, однако, отметить еще раз, что все математические исследования Ньютона в основной части были выполнены до девяностых годов. После переезда в Лондон в 1695 г. настоящая творческая работа кончилась; с этого времени Ньютон с помощью учеников и сотрудников только подводил итоги своего творческого периода.





Рис. 28. Исаак Ньютон — президент Королевского Общества. Портрет Чарльза Жервэза, переданный Обществу Ньютоном 16 мая 1717 г.



ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

Ньютон в Лондоне. Монетный двор. Ньютон — парламентарий. Королевское Общество. Ньютон и Флэмстид. Второе издание «Начал». Ньютон и Котс

(1696–1713)

Несмотря на заверения Монтэгю, должность хранителя Монетного двора в девяностых годах, когда она была передана Ньютону, вовсе не была синекурой. Став во главе финансовой политики страны, Монтэгю различными мерами сумел не только навести порядок в английских денежных делах, но и поставить Англию на путь обогащения, дав ей возможность сделаться богатейшей страной и центром развивающегося европейского капитализма.

Англия в конце XVII в. наводнена была неполновесной и фальшивой монетой; причина этого до известной степени заключалась в примитивной технике чеканки монеты. Металл резали ножницами, куски округляли от руки молотком и так же от руки выбивали штемпель. При таком способе чеканки значительные отклонения в весе монеты от средней законной нормы были, конечно, неизбежными, но на это не обращали долгое время внимания. При таком положении дела обрезывание монет по ободкам стало распространенным и легким видом наживы и мошенничества. Несмотря на то, что обрезыватели монеты, так же как и фальшивомонетчики, по закону с давних пор подвергались повешению, в стране всюду имели хождение неполновесные, обрезанные по краям серебряные кроны и шиллинги.

Наконец, в Тоуэре поставили новую штамповальную машину, приводившуюся в движение лошадью. Монеты, чеканившиеся этой машиной, имели в отличие от старых правильную форму, по ободку шла надпись, и обрезывание становилось невозможным. Маколей в своей «Истории Англии» такими словами описывает положение дела, создавшееся после пуска машины: «Тогдашние финансисты, кажется, ожидали, что монета нового чекана, очень хорошая, скоро вытеснит из обращения монету старого чекана, сильно попорченную. Но каждый неглупый человек должен был бы сообразить, что если казна принимает равноценными полновесную монету и легкую, то полновесная не вытеснит легкую из обращения, а сама будет вытеснена ею... Но тогдашние политические люди не додумались до этих простых вещей. Они изумлялись тому, что публика по странной нелепости предпочитает употреблять легковесную монету, а не употребляет хорошей... Лошади в Тоуэре продолжали ходить по своему кругу. Телега за телегой с хорошей монетой продолжала выезжать с Монетного двора, а хорошая монета попрежнему исчезала тотчас же, как выходила в обращение. Она массами шла в переливку, массами шла за границу, массами пряталась в сундуки; но почти невозможно было отыскать хоть одну новую монету в конторке лавочника или в кожаном кошельке фермера, возвращающегося с рынка» [37].

Монтэгю решил выйти из этого тупика путем обязательного перечекана всей циркулировавшей монеты и лишения обрезанной монеты права законного хождения, начиная с некоторого срока.

Такая реформа требовала резкого повышения производительности Монетного двора. В это время Ньютон и получил должность хранителя. По словам Монтэгю, успех его реформы стал возможным благодаря административной работе творца «Начал» и «Оптики».

Ньютон приступил к исполнению новых обязанностей в марте. К этому времени в Тоуэре было построено 10 печей, в которых переплавлялись старые монеты. В некоторых других городах были устроены филиалы Монетного двора; в частности, один такой филиал был организован в Честере, во главе его Ньютон поставил своего

друга, астронома Галлея. Переход от старых монетных порядков к новым был мучителен для англичан, и, судя по заключению Монтэгю, только организаторское умение Ньютона сократило эти тяжелые месяцы. До Ньютона Монетный двор выпускал максимально 15 000 фунтов серебряной монеты в неделю, при Ньютоне выход этот скоро увеличился в четыре раза, а затем и в восемь. Впрочем даже такого ускорения производительности нехватало, и еще в начале 1697 г. в стране чувствовался недостаток монеты.

Перечеканка продолжалась до 1699 г., когда, наконец, реформа была завершена; в этом году, очевидно в воздаяние за заслуги, Ньютон получил звание директора (мастера) Монетного двора, которое и сохранял до конца жизни.

До сего времени архив Монетного двора, на основании которого можно было бы восстановить документально эту сторону деятельности Ньютона, не опубликован.

На том же аукционе бумаг Ньютона в 1936 г., о котором упоминалось в главе одиннадцатой, продавались три толстых тома in folio с бумагами Ньютона, относящимися к Монетному двору. Всего в этих томах переплетено 529 документов с черновиками парламентских актов, составленных Ньютоном, набросками докладов, проектами писем, касающихся финансовой и экономической политики правительства, отчетами, результатами пробирных испытаний и пр. Сохранившийся архив касается не только вопросов чекана, но захватывает, несомненно, важные для историков общие вопросы торговли и кредита. Среди бумаг есть довольно длинные записки, показывающие большие знания и собственные точки зрения Ньютона в вопросах финансов и экономики. Архив содержит подробную документацию перечеканки 1696–1699 гг.

Если в итоге аукциона архив не рассеялся, а попал в надежные руки, то надо ждать рано или поздно компетентного освещения большой административной работы Ньютона.

Нужно добавить, что вероятно не мало документов по этому же вопросу хранит также не тронутый еще официальный архив Монетного двора. На сегодняшний день сведения о деятельности Ньютона в Монетном дворе еще очень скудны.

Административный талант Ньютона, проявленный столь широко и блестяще и на такой ответственной работе, кажется совершенно неожиданным у «философа», постоянно погруженного в размышления и забывавшего о сне и обеде. Но едва ли можно полностью полагаться на воспоминания Уикинса и Гэмфри Ньютона, зафиксированные много лет спустя после тех фактов, о которых они рассказывают. Если заглянуть вновь в письмо Ньютона к Астону, написанное в 1669 г. и приведенное во второй главе, то станет более правдоподобным, что это письмо писал будущий хранитель Монетного двора, чем творец «Начал» и «Оптики». С другой стороны, вспомним, что после смерти Барроу в 1677 г. пост директора Тринити колледжа предлагался Ньютону, что он был членом делегации по делу Альбана Френсиса и, наконец, что именно его университет избрал своим депутатом в парламент. Административные задатки, повидимому, всегда уживались в Ньютоне с его научными стремлениями и умственной сосредоточенностью.

На новом посту Ньютону пришлось встретиться с городской жизнью во всем ее мало приятном разнообразии. Политические страсти эпохи вызвали беспорядки и волнения среди служащих Монетного двора, особенно в Честере у Галлея. На самого Ньютона писались доносы, делались попытки снять с поста путем предложения других, более выгодных мест; Ньютону предлагали взятки. Но в эпоху, когда подкупность была необычайно распространенной, Ньютон, по имеющимся сведениям, строго и честно выполнял свои обязанности.

О деятельности Ньютона в Монетном дворе за последние 25 лет его жизни известно мало. В 1717 и 1718 гг. он лично докладывал в Палате лордов о состоянии дела с чеканом. В частности, им было внесено предложение о фиксации стоимости золотой гинеи в размере 21 серебряного шиллинга. Это соотношение сохранилось и до нашего времени.

Положение хранителя, а затем директора Монетного двора превращало скромного кэмбриджского профессора в придворного и вельможу. Для русского читателя интересно узнать, что в Монетном дворе Ньютон весной 1698 г., по всей вероятности, встретился с русским царем Петром I[38]. По журналу (или «юрналу», как писали

тогда на Руси) путешествия русского посольства в Англию видно, что 13 апреля «был десятник (таков был псевдоним царя в журнале) с Яковом Брюсом в Туре, где деньги делают», т. е. в Тоуэре. Письменных документов о встрече Ньютона с Петром не известно, однако мало вероятно, чтобы царя принимал кто-либо другой, кроме самого хранителя Монетного двора. 20 апреля Петр снова был на Монетном дворе и даже 21, в день отъезда из Англии, повторил посещение. В «юрнале» записано: «После обеда ездил десятник в город и был в Туре, смотрел, где деньги делают». Будем надеяться, что новые архивные розыски дадут более подробные сведения о посещении Петром Монетного двора и о возможных беседах его с Ньютоном. Встреча этих двух наиболее замечательных людей своего времени может рассматриваться во всяком случае как величественный символ общения русского гения с самыми вершинами западноевропейской культуры.

Читателю интересно будет узнать, что Петр дважды посетил гриничскую обсерваторию, причем второй раз сам отсчитывал прохождение Венеры, что отмечено в Historia Caelestis Флэмстида.

Когда напряженные годы перечекана кончились и Ньютон из хранителя превратился в директора Монетного двора, посещения им Тоуэра сделались более редкими: обычно он бывал там не чаще одного раза в неделю. Дом, где поселился Ньютон в Лондоне, был расположен далеко от Тоуэра, но вблизи от Казначейства, в Пикадилли, за церковью св. Якова[39]. В этом доме у Ньютона вскоре появилась хозяйка, его племянница, молодая Катерина Бартон, дочь сводной сестры Ньютона Анны Смит и священника Бартона. Красавица-племянница стала центром внимания в доме. Ее поклонником в течение ряда лет был Монтэгю, и есть основания думать, что даже состоялось тайное бракосочетание Монтэгю с Катериной. В 1717 г., после смерти Монтэгю, Катерина вышла замуж за Джона Кондуитта, заместителя Ньютона по Монетному двору, а после его смерти – преемника на посту директора. Существует довольно большая литература по вопросу об отношениях между Катериной Бартон и Монтэгю. Исследо-

ватели, оставившие без внимания большие разделы научной работы Ньютона в области химии и оптики, с легкой руки Вольтера с особым рвением занялись эпизодом Монтэгю — Катерина Бартон, имеющим только косвенное значение для жизни и творчества Ньютона. Такая замена истории науки скандальными хрониками, конечно, мало способствовала превращению истории науки в науку.

Доходы Ньютона на новом посту достигали, по расчету Виллъямиля, очень внушительной суммы—около 2000 фунтов в год, и неудивительно, что при скромном образе жизни Ньютона он оставил большое денежное наследство — около 32 000 фунтов. По сравнению с бюджетом в Кэмбридже доходы Ньютона в Лондоне возросли примерно в 10 раз.

С переездом в Лондон Ньютон не мог выполнять своих профессорских обязанностей в Кэмбридже в течение нескольких лет; поэтому в декабре 1701 г. ему пришлось отказаться от профессуры и членства в Тринити колледже. По рекомендации Ньютона люкасовская кафедра была передана астроному Уистону. Учитывая славу и высокое положение Ньютона, университет снова избрал его своим представителем в парламент. Этот парламент существовал только около двух месяцев. Он был распущен после смерти короля Вильяма III. В новом парламенте Ньютон сохранял такое же молчание, как и в прежнем. Однако при выборах в парламент в 1705 г. при королеве Анне Ньютон не отказался снова фигурировать в качестве кандидата от Кэмбриджского университета. Политическая конъюнктура была такой, что хотя королева в основном рассчитывала на поддержку партии тори, однако для продолжения войны за испанское наследство с Францией, начатой Вильямом, требовалась также поддержка партии вигов, к которой принадлежал Ньютон.

В апреле 1705 г. Ньютон прибыл в Кэмбридж частью в связи с выборами, частью по причине предстоящего посещения университета королевой Анной.

Королева прибыла в Кэмбридж 16 апреля. Посещение ее было ознаменовано возведением Ньютона в дворянское достоинство. Можно отметить, что такое внима-

ние, бывшее одним из видов королевских наград и часто оказываемое военным, чиновникам и общественным деятелям, в отношении ученого было проявлено впервые. По словам Л. Мора, впоследствии такое отличие в ученом мире в Англии получил только химик Дэви, более чем через 100 лет после Ньютона.

Радостное настроение сэра Исаака после получения дворянства было, однако, испорчено выборами, происходившими через месяц, 17 мая. Оба кандидата вигов, Ньютон и Годольфин, при криках «Церковь в опасности» были провалены. Так кончилась парламентская карьера Ньютона.

Ареной научно-общественной деятельности Ньютона в Лондоне естественно сделалось Королевское Общество. В 1703 г., 30 ноября, Ньютон был избран президентом Общества и оставался им до конца жизни, т. е. в течение четверти века. Одним из первых актов нового президента был подарок Обществу нового придуманного им прибора для зажигания солнечными лучами, состоящего из комбинации семи линз. Прибор демонстрировался Ньютоном на нескольких собраниях Общества, причем удавалось плавить металлы и кусочки красного кирпича. В 1705 г. в члены Общества был избран принц Георг Датский. В условиях того времени это было для Общества немаловажным событием и выражением благоволения двора. 7 декабря принц присутствовал на заседании Общества и дал обещание Ньютону принять на себя расходы по изданию большого каталога звезд, составленного Флэмстидом по наблюдениям на Гриничской обсерватории в качестве «королевского астронома». Щедрость принца послужила, однако, поводом к резкому столкновению с Флэмстидом. На отношениях Ньютона и Флэмстида, длившихся более пятидесяти лет, необходимо остановиться подробнее.

Флэмстид родился в 1646 г. в Дерби и рано заинтересовался астрономическими наблюдениями и инструментами. С Ньютоном и Барроу он познакомился еще в 1670 г. Публикацию астрономических данных по собственным наблюдениям Флэмстид начал с 1671 г. В 1673 г. он опубликовал эфемериды, содержащие, в частности, таблицу

восходов и заходов Луны. По просьбе своего покровителя Ионы Мура он вычислил также таблицу времен прохождений Луны через данный меридиан на текущий год. Мур усмотрел при этом замечательное совпадение времен прохождения с часами морских приливов. В связи с этим Мур заинтересовал астрономическими наблюдениями короля Карла II, рекомендовал ему Флэмстида, выхлопотал для него звание «королевского астронома» и жалование в 100 фунтов в год. Вскоре последовало и королевское повеление о постройке обсерватории в Гриниче. В 1676 г. она была создана на основе остатков прежних строений; постройка обошлась в 520 фунтов. Мур на свои средства соорудил для обсерватории железный секстант, который и передал Флэмстиду с парой часов и несколькими микрометрами. Вместе с собственными инструментами королевского астронома это и составило научное оборудование обсерватории. Позднее Флэмстиду на его собственные скудные средства удалось построить в обсерватории еще большой стенной квадрант, при помощи которого и делались наиболее точные измерения. Ничтожных денег, отпускавшихся казной на содержание Гриничской обсерватории, никогда нехватало на текущие надобности, и в конце концов обсерватория существовала на собственные доходы Флэмстида как приходского священника и на небольшое наследство, оставленное ему отцом.

Флэмстид был превосходным наблюдателем, точным систематиком, свободным от гипноза предвзятых теорий и, повидимому, даже плохо разбирающимся в таких теориях. По порядку сохранившегося архива Флэмстида, по тщательным замечаниям на каждом полученном письме и по дневникам можно и сейчас получить представление об аккуратности и систематичности Флэмстида.

Как сказано, Ньютон познакомился с Флэмстидом еще в 1670 г.; в 1680 г. между ними завязалась переписка по поводу большой кометы 1680 г., возбуждавшей, как всегда, общее внимание и любопытство. Следя за двумя отдаленными появлениями комет, Флэмстид пришел к выводу, на основании своих наблюдений, что в действительности в обоих случаях комета была одна и та же. Ньютон и другие астрономы утверждали, что кометы были разные, причем, как видно из переписки, Ньютон был упорен

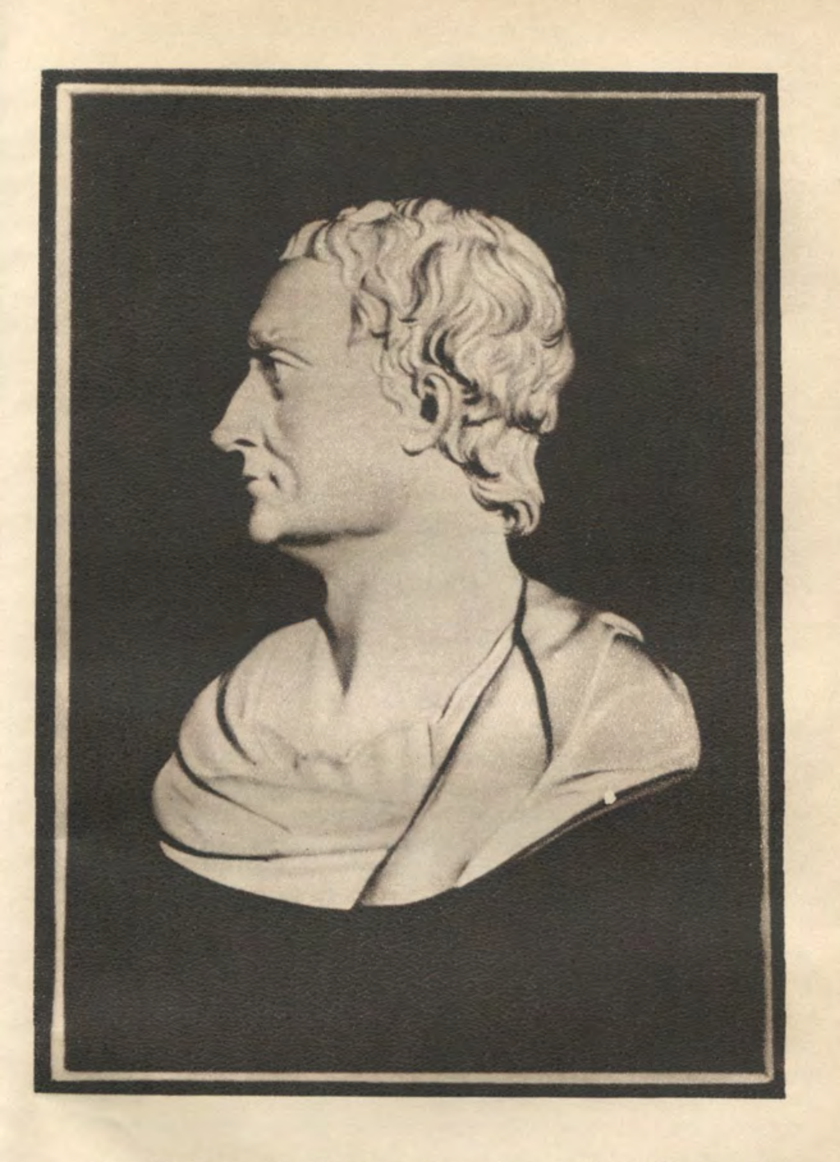


Рис. 29. Барельеф Ньютона (вероятно, работы Веджвуда).

в своем утверждении, но и Флэмстид не уступал, чувствуя под собой прочную опору точных наблюдений. Это было началом разногласий между Ньютоном и королевским астрономом. Позднее, в 1685 г., когда созрели мысли Ньютона в области механики и тяготения и он применил учение о тяготении также для объяснения движения комет, он согласился с мнением Флэмстида, что и признал в первом издании «Начал».

Помощь Флэмстида сделалась Ньютону особенно нужной, как только он приступил к созданию более точной теории движения Луны, т. е. после первого издания «Начал», в 1687 г. Началась переписка по этому вопросу, длившаяся до середины 1692 г., а затем прервавшаяся почти на полтора года, возможно в связи с психическим заболеванием Ньютона, о котором мы говорили выше. По записи в дневнике Флэмстида видно, что в сентябре 1694 г. Флэмстид передал Ньютону цифры, касающиеся 150 положений Луны. В письме к Флэмстиду от 7 октября 1694 г. Ньютон пишет, что он сравнил наблюдения с теорией и нашел довольно хорошее согласие.

Посредником в сношениях Ньютона с Флэмстидом нередко служил Галлей, друг Ньютона и первый издатель «Начал». Галлей, по характеристике Флэмстида, был светским, развращенным, неискренним и «слишком свободомыслящим» человеком, или, попросту, атеистом. Больному, недоверчивому и весьма религиозному Флэмстиду Галлей, разумеется, не мог нравиться. Посредничество Галлея было одной из главных причин обострения отношений между Ньютоном и Флэмстидом. Поэтому в ответном письме Флэмстида от 11 октября прежде всего содержатся разные жалобы на Галлея (в том числе и боязнь возможного плагиата).

Письма Ньютона к Флэмстиду за этот период имеют огромный научный интерес для астрономии. В них сообщается в сжатой форме теория астрономической атмосферной рефракции, о которой уже упоминалось ранее, и теоретически выводится необходимость «параллактического неравенства» в движении Луны, называемого так в связи с тем, что оно частично зависит от угла, под которым солнечный наблюдатель видел бы лунную орбиту. Корреспондент Ньютона несомненно многого не понимал

в письмах, тем более что Ньютон выражался сжато и неясно. Оценить по достоинству научное содержание этих писем было суждено только в XIX в., после публикации переписки Флэмстида, найденной на одном из лондонских чердаков и изданной в 1835 г. английским Адмиралтейством под редакцией вице-президента Королевского Астрономического Общества Бэли.

Доставляя по просьбе Ньютона астрономический наблюдательный материал, Флэмстид обижался на мало дружественный тон писем Ньютона: «Я согласен, – писал он, – что проволока дороже, чем золото, из которого она сделана. Я, однако, собирал это золото, очищал и промывал его, и не смею думать, что Вы мало цените мою помощь только потому, что столь легко ее получили». 14 сентября 1695 г. Ньютон написал Флэмстиду, что у него нет больше времени заниматься теорией Луны (в это время начались переговоры о должности хранителя Монетного двора), и сношения временно прекратились. Через 5 лет, в 1699 г., в связи с выходом из печати математических трудов Уоллиса Ньютон выражает Флэмстиду свое неудовольствие в следующих характерных строках: «Я слышал случайно об одном предназначенном к печати Вашем письме к Уоллису, в котором Вы пишете о моих работах по теории Луны. Я был обеспокоен тем, что публично сообщается о вещи, которая, может быть, никогда не созреет для публики и относительно которой я, может быть, никогда не выпущу никакой работы. Я не люблю печататься при всяком случае и тем более входить в споры о математических предметах с посторонними лицами: мне неприятно также возможное подозрение граждан, что я трачу время, которое должен посвящать королевским делам, на другие предметы».

Как было сказано выше, принц Георг дал Королевскому Обществу средства на печатание большого звездного каталога Флэмстида. Инициатива исходила от Ньютона. В дневнике Флэмстида есть запись от 10 апреля 1704 г., в котором он сообщает о посещении его в Гриниче Ньютоном. Ньютон обедал у Флэмстида и осведомлялся, что он имеет готовое к печати. Внимательно осмотрев рукопись готового каталога, Ньютон обещал рекомендовать ее принцу. Об отношении Флэмстида к Ньютону можно судить по таким строкам дневника: «Я удивился такому

предложению: нрав его был мне раньше известен, и я всегда считал его коварным, самолюбивым, исключительно скупым на похвалы и нетерпимым к противоречию». Разумеется, такая характеристика Ньютона — только шарж и была результатом многих предыдущих столкновений, обид и резкого различия характеров.

Принц предложил для наблюдения за печатанием комиссию под председательством Ньютона. Комиссия посетила Флэмстида и одобрила печатание всех наблюдений с двумя каталогами неподвижных звезд (всего около 1200 листов).

Вскоре, однако, между комиссией и автором начались трения. Комиссия действовала так, как будто бы ее члены были авторами каталога. Флэмстид наполнял свои письма и дневники жалобами по поводу беззаконного печатания его «Historia Coelestis». К декабрю 1707 г. листы первого тома все же были отпечатаны. Далее начались, однако, споры о содержании второго тома и об авторской корректуре. В 1707 г. принц умер, и вопрос о финансировании второго тома оставался не ясным до 1710 г. Ньютон, наконец, добился согласия королевы на продолжение издания. Вместе с тем королевой была утверждена комиссия Королевского Общества под председательством Ньютона для содействия Гриничской обсерватории и наблюдения за нею. При отношениях, существовавших между Флэмстидом и Ньютоном, эта комиссия явилась новым ударом для королевского астронома. Он безуспешно обращался с петицией к королеве о ликвидации комиссии.

Флэмстид оказался правым в своих опасениях относительно комиссии; последняя стала предъявлять ему необоснованные и унизительные требования. 11 октября 1711 г. он получил от Ньютона предложение присутствовать на заседании Совета для отчета о состоянии инструментов обсерватории и их пригодности для наблюдений, хотя, конечно, состояние инструментов было отлично известно Ньютону, и часть их была собственностью Флэмстида. Флэмстид так описывает это позорное заседание: «Я был вызван в комитет, в котором кроме него (т. е. Ньютона) были только два врача (д-р Слон и другой, столь же мало искусный, как и он). Президент чрезвычайно разгорячился и пришел в совсем неприличное возбуждение. Я решил,

однако, не обращать внимания на его воровские речи и указал ему, что все инструменты в обсерватории были моими собственными. Это его рассердило, так как у него было письмо от государственного секретаря о назначении их кураторами обсерватории; он сказал, что у меня не будет ни обсерватории, ни инструментов. Тогда я стал жаловаться, что мой каталог печатается Раймаром (Галлеем) без моего ведома, и что у меня похитили плоды моей работы. При этом он разъярился и называл меня всякими скверными словами, щенком и пр., какие он только мог придумать. Я ему ответил, что ему нужно бы сдержать свою страсть и владеть собой». Не следует, впрочем, смотреть на эту дикую сцену с современной точки зрения. Это было, вероятно, в то время нередкое явление. Рассказав о брани Ньютона, Флэмстид спокойно сообщает вслед за этим, что встретился с Галлеем, выпил с ним чашку кофе, спокойно говорил с ним о грубости его поведения и назвал его дураком.

Печатание книги Флэмстида, в свою очередь, сопровождалось новыми скандалами и ссорами. Флэмстид, в частности, обвинял Ньютона в том, что он самовольно сломал печать от свертка с каталогом неподвижных звезд.

Издателем «Historia Coelestis» стал фактически Галлей; его издание появилось в 1712 г. Флэмстид получил 300 экземпляров этого издания и сжег их. Со своей стороны, он составлял новую копию своего расширенного каталога, однако умер в 1720 г., прежде чем ему удалось закончить второй том.

Во время спора с Лейбницем противники Ньютона использовали инциденты с Флэмстидом для опорочения Ньютона. Удел биографов, до которых дошли только отдельные эпизоды, к тому же освещенные односторонне, — рассматривать их в увеличительное стекло и делать довольно произвольные обобщения. Во всяком случае во всех трех нашумевших спорах Ньютона — с Гуком, Лейбницем и Флэмстидом — проявляются его болезненное самолюбие, обидчивость и властность. Взаимоотношения во всех трех спорах были, впрочем, существенно различными. Классически точный как в теории, так и в эксперименте гений Ньютона в распрях с Гуком противопоставляется «романтической», неуравновешенной, но очень та-

лантливой натуре Гука, прекрасного экспериментатора, сочинителя остроумных, но качественных гипотез. В споре с Лейбницем замкнутый, сосредоточенный, малообщительный и упрямый характер Ньютона сталкивается со светским, общительным, любящим шум и внешнюю славу, до крайности разносторонним Лейбницем. Бой идет между талантами, бой стихийный и бессмысленный, возбужденный уколами пигмеев. Ссоры с Флэмстидом — типичное столкновение Фауста с Вагнером, где гений противопоставляется терпению. Сам Ньютон отождествлял научный гений с терпением мысли, сосредоточенной в одном направлении. Это едва ли вполне справедливо. Сама научная мысль, возникающая нежданно в гениальном уме, может быть при виде падающего яблока глубоко отлична от терпения. Ньютон сочетал в себе интуицию Гука с терпеливостью, точностью и осторожностью наблюдений Флэмстида и широкой синтезирующей мыслью Лейбница.

Трудно сравнивать научную работу Ньютона в Лондоне с работой в Тринити колледже. Необычайный подъем творческих сил давно угас, начались годы подведения итогов. В 1704 г. после смерти Гука Ньютон, наконец, издал «Оптику», составленную почти целиком из материалов, написанных много лет назад.

В 1701 г. Ньютон без подписи опубликовал в «Philosophical Transactions» небольшой, но многозначительный мемуар «О шкале степеней тепла и холода» [40]. В сущности этим мемуаром может начинаться история учения о теплоте, так как сделанное до него в этой области физики имело только эпизодическое значение. Ньютон составляет таблицу для «равных степеней тепла» (градусов температуры) различных тел при различных состояниях. За нуль считается температура тающего снега, температура кипящей воды приравнена 34 частям, иначе говоря, градус Цельсия равен 0,34 градуса Ньютона. Измерения производились частью при помощи термометра с льняным маслом, частью же из наблюдения остывания раскаленного железа: «Ибо, — пишет Ньютон, — теплота, которую нагретое железо сообщает в заданное время смежным с ним холодным телам, т. е. теплота, которую железо утрачивает в продолжение заданного времени, пропорциональна всей теплоте железа; поэтому, если времена охлаждения прини-

мать равными, то теплоты будут в геометрической прогрессии и могут быть найдены легко по таблице логарифмов». Под холодными телами Ньютон при этом разумеет тела с температурой, близкой к нулю. В проведенном предложении формулируется закон остывания тел, известный в учении о теплоте под названием закона Ньютона. Таким путем Ньютон устанавливает ряд температур. В таблице мы приводим некоторые цифры Ньютона, выраженные в градусах Цельсия. В соседнем столбце приведены цифры, известные нам теперь.

Таяние снега	0°	0°
Температура человеческого тела	35,5	36—37
„ плавления воска	80	около 68
„ кипящей воды	100	100
„ плавленного свинца	281	327

Ньютон дает одновременно цифры для объемного температурного расширения льняного масла, причем для интервала от 0 до 100° (по Цельсию) коэффициент расширения имеет величину 0.000725.

Из этого короткого мемуара видно, что Ньютон начинал экспериментальное исследование и в области тепловых явлений, применяя и здесь, верный своему обычаю, точные количественные измерения. Применение остроумного приема измерения температуры по скорости охлаждения служит ясным указанием, чего можно было бы ожидать от Ньютона и в области теплоты, если бы он имел время ею дальше заняться. Есть основания думать, что температурные опыты Ньютона были им выполнены еще в 1693 г. в Кэмбридже.

Не мало работы потребовало от Ньютона переиздание «Начал», к которому он приступил весной 1709 г. Первое издание давно разошлось. Спор с Лейбницем о приоритете открытия анализа бесконечно малых сопровождался разнообразными нападками на «Начала» со стороны партии Лейбница. Наибольшую неприязнь вызывала форма введения и изложения закона всемирного тяготения в «Началах». Ньютона обвиняли в том, что он вводит непостижимые свойства материи, действие на расстоянии, вместо совершенно ясного декартовского действия при соприкосновении. Лейбниц упрекал Ньютона почти в безбожии; по мнению

Лейбница, бог в философии Ньютона был только творцом, далее не вмешивавшимся в мировую машину. Даже такие люди, как Гюйгенс, не понимали «Начал», их построения, стиля, метода и несокрушимости. Кроме того, необходимо было опубликовать исправленную теорию движения Луны.

Ньютону в 1709 г. было уже 67 лет; он понимал, что для нового издания «Начал» ему нужен хороший помощник. По рекомендации мастера Тринити колледжа Бентлея, он пригласил для этой цели молодого кэмбриджца, 27-летнего профессора, математика Котса. Выбор был превосходен; впоследствии, когда Котс неожиданно умер в возрасте 34 лет, Ньютон с грустью говорил: «Был бы жив м-р Котс, мы еще узнали бы что-нибудь».

Ньютон предполагал пересмотреть первое издание «Начал», исправить ошибки, составить предисловие и этим закончить работу, поручив Котсу чтение корректур. В действительности работа сложилась совсем иначе. Котс оказался не только ученым корректором, но и чрезвычайно внимательным критиком, который работал с большим напряжением сам и заставил работать и старика Ньютона. Свидетельством этой работы Ньютона и Котса осталась большая переписка между ними, изданная Эдлестоном и представляющая очень большой научный и исторический интерес.

Ньютон сначала пытался сопротивляться: «Благодарю Вас,— писал он,— за два исправления к вопросу о квадратурах. Но я не хотел бы, чтобы Вы затрудняли себя пересмотром всех доказательств, содержащихся в «Началах»... Невозможно напечатать книгу, не оставив в ней нескольких ошибок». Котс, однако, не изменил характера работы: он перечитывал рукопись Ньютона от строки до строки, переделывая заново числовые расчеты, выслеживая ошибки. Он анализировал доказательства как по существу, так и по форме, нередко требуя от Ньютона объяснений. Наименьшее число исправлений потребовалось в первой части «Начал». Котс получил бóльшую часть рукописи в октябре 1709 г., а 15 апреля 1710 г. почти половина книги была уже напечатана.

Значительно бóльшие трудности встретились, однако, во второй и, в особенности, в третьей части. Котс заметил

ошибочность и даже неточность некоторых доказательств второй части, касающихся движения тел в сопротивляющихся средах. Например, Ньютон допустил ошибку в первом издании «Начал», утверждая, что струя воды из отверстия в сосуде поднимается до половины высоты уровня жидкости в сосуде, что обнаружилось при экспериментальной проверке в Королевском Обществе в 1691 г. Котс, обратив внимание Ньютона на это, заставил старика экспериментировать, причем Ньютон сделал важное гидродинамическое открытие сжатия струи (vena contracta) при вытекании. Это явление и объясняло расхождение опыта с расчетом.

Котсу, с согласия Ньютона, пришлось изменять целые страницы во второй части книги. Иногда Котс ошибался, и Ньютон его исправлял в свою очередь.

Переписка имела довольно длительный перерыв, от сентября 1711 до февраля 1712 г., в виду того, что Ньютон был отвлечен спорами с Флэмстидом и Лейбницем. Она возобновилась по поводу самой трудной, третьей части «Начал», где трактуются большие принципиальные вопросы о природе тяготения, о силах и массах, о методах научного исследования и т. д. Участие Котса в редактировании этой части второго издания «Начал» очень велико. Био, анализируя переписку Ньютона с Котсом, пишет: «Трудно вообразить, сколько забот и труда было у Котса при обсуждении, проверке, исправлении и согласовании числовых расчетов, собранных в третьей книге. Его деятельность, однако, не ограничивается этими утомительными деталями. Он анализирует основу и форму каждого предложения, обнаруживает неясность и противоречия, обвиняет в ошибках, и неоднократно учитель вынужден согласиться в своих ошибках».

Помимо научных и философских исправлений и дополнений, второе издание отражало и новую фазу личных отношений с различными людьми. Имя Флэмстида исчезло почти во всех местах, где раньше отдавалось должное его заслугам; по-новому освещено участие Лейбница в создании анализа.

Книга полностью была напечатана в марте 1713 г., но еще не было предисловия, которому при сложившейся ситуации придавалось большое значение. Ньютон через

Бентлея предложил Котсу написать и предисловие. В связи с этим началась новая переписка с Ньютоном, обнаружившая, между прочим, что талантливый ученик Ньютона не был вполне уверен в универсальной справедливости закона равенства действия и противодействия. Котс думал, что можно говорить только о тяготении планеты к Солнцу, но не обратно! При этом Котс настолько был уверен в своей правоте, что предлагал Ньютону добавить новый параграф к «Началам» или, по крайней мере, сделать исправление в списке опечаток! Ньютон на этот раз не рассердился и убедил его простыми примерами в ошибке. Этот эпизод особенно ясно показывает необычайную глубину «Начал» и законов, формулированных Ньютоном; даже ближайшим и наиболее талантливым ученикам Ньютона многое в «Началах» было непостижимым.

Горячо и остроумно написанное предисловие Котса [41] содержит апологию ньютонианства и низвержение вихрей Декарта и монад Лейбница, но оно далеко от величавого и всегда спокойного стиля автора «Начал».

В июне 1713 г. второе издание «Начал» вышло в свет, и Ньютон поднес экземпляр королеве Анне.

Переписка Ньютона с Котсом остается до сих пор замечательным памятником истории возникновения великой книги и вместе с тем поучительным примером подлинного научного сотрудничества старшего и младшего поколений.





ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

Богословские и исторические работы Ньютона и его религиозные воззрения

Ньютон был несомненно глубоко религиозным человеком и, кроме того, ученым богословом. Локк писал в 1703 г. своему племяннику Кингу следующее: «Ньютон действительно замечательный ученый и не только благодаря своим поразительным достижениям в математике, но и в теологии и благодаря своим большим знаниям в священном писании, в чем мало кто может с ним сравняться». В широких кругах слава Ньютона как богослова была также велика; мы уже приводили выдержки из дневника кэмбриджского студента де-ля-Прима от 1692 г., где Ньютон именуется «блестящим математиком, философом, богословом и пр.».

В наше время такое совмещение специальностей несомненно покажется странным; в XVII в. это было почти правилом, особенно в Англии. Бойль писал богословские трактаты и учредил особую кафедру для «научной» борьбы с атеизмом. Знаменитый математик Уоллис, имя которого мы неоднократно упоминали, издал множество богословских сочинений; учитель Ньютона Барроу был священником. Гук написал богословское исследование о «Вавилонском столпотворении». Многие ученики и друзья Ньютона были одновременно богословами. Ньютон не представлял исключения в этом смысле, тем более что и семейная обстановка в Вульсторпе (родственники — священники) располагала с ранних лет к занятиям богословием. В этом смысле богословие перешло к Ньютону по наследству и по традиции.

До сих пор опубликованы далеко не все рукописи

Ньютона богословского содержания. Редактором наиболее полного собрания трудов Ньютона был епископ Горслей, волей-неволей выбиравший для печати такие рукописи, которые не бросали тени на Ньютона как на еретика. Наиболее подробная биография Ньютона, с большим количеством новых документов, была составлена английским оптиком Брюстером, старавшимся всеми способами доказать совершенство и безукоризненность Ньютона в любых отношениях, в том числе и в смысле правоверия. Новый биограф Л. Мор, не имевший таких тенденций и просмотревший заново архив Ньютона (так называемую «портсмутскую коллекцию»), обнаружил не мало документов богословского характера, из которых явствуют «еретические» позиции сэра Исаака.

В начале девяностых годов Ньютоном был написан короткий богословский мемуар «О двух важных искажениях текста священного писания», о котором мы уже упоминали. Мемуар через Локка попал в Голландию, но был напечатан только в 1754 г. Содержание его – историко-филологическая критика латинских переводов двух текстов из апостольских посланий, являющихся опорой церковного догмата троичности. Уже на основании этого мемуара можно было подозревать отрицательное отношение Ньютона к догмату троичности. Мор нашел много не известных до сих пор рукописей Ньютона, посвященных главным образом догмату троичности и спору Ария с Афанасием на Никейском вселенском соборе. Из этих документов, по словам Мора, явствует, что Ньютон был арианцем, т. е. отрицал божественную природу Христа.

Для правильной оценки религиозных мнений Ньютона не следует забывать неразрывной связи политических и религиозных течений в Англии того времени. Протестантизм и арианство Ньютона были одной из форм борьбы с католицизмом Стюартов, с партией тори. Такие же политические корни можно легко проследить почти во всех историко-богословских работах Ньютона. Из них наиболее известны «Замечания на книгу пророка Даниила и Апокалипсис св. Иоанна», имеющиеся даже в русском переводе неизвестного автора. Книга была написана также в начале девяностых годов, а издана только через 6 лет после смерти Ньютона его племянником Б. Смитом. Полагая несо-

мненной божественность указанных священных книг, Ньютон составляет, так сказать, «словарь символов», в них заключающихся. Он считает, например, что луна обозначает «простой народ», бури и движение облаков — войны и т. д. Истолковывая, далее, пророчества в применении к историческим событиям, Ньютон доказывает, что пророчества якобы выполнились. При этом он крайне скептически относится к возможности предсказания будущего на основании священных книг: «Бог дал это откровение,— пишет Ньютон,— так же как и пророчества Ветхого завета не ради того, чтобы удовлетворить любопытство людей, делая их способными предузнавать будущее, но ради того, чтобы исполнением их на деле явлен был миру святой промысел, а не проницательность истолкователей». Явная тенденция Ньютона в его комментариях к пророчествам — это доказать гибель папства и разрушение римской церкви; поэтому он с особым старанием ищет доводы в пользу того, что «малый рог четвертого зверя» означает не что иное, как римскую церковь. «Толкования» Ньютона являются типичным примером англиканской богословской рационалистической литературы. Ньютон видит в распространении почитания святых идолопоклонство, в аскетизме и монашестве—ересь и т. д. С другой стороны, богословское сочинение Ньютона красноречиво свидетельствует о его обширной исторической и богословской эрудиции.

В бумагах Ньютона, оставшихся после его смерти, были найдены в очень большом количестве и другие мелкие или незаконченные богословские сочинения, часть которых была напечатана в собрании трудов Ньютона, изданных епископом Горслеем.

Незадолго до смерти Ньютона, в 1725 г., без его согласия был выпущен французский перевод его исторического сочинения «Краткая хронология» (Abrégé de Chronologie). С восшествием на английский престол Георга I в 1714 г. Ньютон стал предметом особого внимания английского двора, в особенности принцессы Уэльской, впоследствии королевы английской. Принцесса находилась одновременно в оживленной переписке с Лейбницем и пыталась различными способами помирить с ним Ньютона. Во время одного из салонных разговоров у принцессы Ньютон изложил свою хронологическую систему,

основанную на ряде соображений, в частности на использовании астрономических наблюдений древности (главным образом карты Эвдокса), сочиненную еще в Кембридже. Принцесса пожелала иметь письменное изложение. Рукопись попала в руки аббата Конти, одного из друзей принцессы, игравшего большую роль в попытках примирения Ньютона с Лейбницем. В результате излишней предприимчивости аббата и появилось вышеуказанное весьма искаженное французское издание, снабженное к тому же и опровержением хронологии Ньютона. Ньютону пришлось объясниться по этому поводу на страницах «Philosophical Transactions» и потратить последние месяцы жизни на писание полной хронологии, которая и появилась в печати после его смерти, в 1728 г., под заглавием: «Хронология древних царств с присоединением краткой хроники от первых упоминаний о событиях в Европе до завоевания Персии Александром Великим».

«Хронологией» Ньютон занимался с перерывами около 40 лет; имеются сведения, что первую главу книги он собственноручно переписывал 80 раз. Для ее написания потребовалось внимательное изучение целой библиотеки исторических памятников и философских сочинений. Основная цель, которую преследовал Ньютон в «Хронологии», была несомненно чисто религиозная. Многие хронологические данные не совпадали с утверждениями библии, потрясали ее авторитет. Ньютон хотел поддержать этот авторитет, устраняя хронологические противоречия в истории и по-новому толкуя различные тексты и мифы. При этом главная задача состояла в таком сокращении египетской и греческой традиционных хронологий, чтобы они пришли в согласование с библией.

Сочинение Ньютона исходит из мысли, что хронологические сведения, сохранившиеся от древних египтян, греков и т. д., фантастичны и во многих случаях являются только поэтическим вымыслом. Колоссальная протяженность древней истории с отдельными оазисами народов, царств и событий, по его мнению, должна быть чрезвычайно сжата. Для расчета древней хронологии большую роль играет средняя длительность одного поколения, полагаемая Геродотом равной 33 годам. Ньютон возражает против применения этой же меры для средней длительности

царствований, как это делает тот же Геродот, и предлагает вместо этого 18–20 лет, основываясь на исторических примерах. Далее, по Ньютону, история в настоящем смысле слова начинается одновременно с цивилизацией. Признаком начала цивилизации, полагает Ньютон, является сложное дифференцированное идолопоклонство. Наконец, Ньютон привлекает для установления хронологии соображения историко-астрономического характера. Точки равноденствий и солнцестояний движутся с востока на запад, в обратном порядке с созвездиями Зодиака. Это попятное движение называют прецессией равноденствий, оно достигает приблизительно одного градуса в 72 года. Отсюда Ньютон определяет время, отделяющее поход аргонавтов от времени изобретения Метоном цикла в 19 лет. Он полагает, что аргонавты пользовались сферой, изготовленной Хироном, на которой весеннее равноденствие, летнее солнцестояние, осеннее равноденствие и зимнее солнцестояние находились посреди (или на 15°) созвездий Овна, Рака, Весов и Козерога. Во времена же Метона равноденствия и солнцестояния находились не на пятнадцатом, а на восьмом градусе тех же созвездий. Поэтому прецессия достигла 7°, что соответствует 504 годам. Метон изобрел свой цикл в 432 г. до нашей эры, поэтому поход аргонавтов произошел приблизительно в 936 г. до н. э. На основании всех этих соображений и получается укороченная хронологическая шкала по Ньютону. Самая древняя известная нам историческая эпоха соответствует по этой хронологии приблизительно 1125 г. до н. э.[12]. Хронология Ньютона, однако, ошибочна, как видно из современных исторических данных. Так же как и «Толкования», «Хронология» сохранила сейчас интерес только в связи с личностью их автора.

Необходимо отметить, что историко-богословские упражнения Ньютона носят все же ясный отпечаток его точного физико-математического метода, применяемого, правда, к материалу, совершенно не подходящему, и едва ли подходящим образцам. В этом неоднократно обвиняли Ньютона-богослова его современники. Уистон рассказывает, например, что Бентлей упрекал Ньютона в том, что он излагает пророчества так же, как доказательства математических предложений. Нам, людям, опирающимся на насле-

дне более чем двух веков, прошедших после Ньютона, на великие революции, почти невозможно представить себе, зачем автор «Начал», «Оптики» и метода флюксий тратил свое время гения на странные исторические и богословские упражнения. По мнению современного биографа Ньютона Л. Мора: «Если бы он жил в наши дни, он мог бы развлечься в свободные часы всепожирающим чтением детективных романов или решением кроссвордов вместо древней хронологии и библейских пророчеств». Такие слова, однако,— только острота и плод неправильной исторической перспективы.

Указанными сочинениями не исчерпывается религиозная деятельность Ньютона. В практической жизни он, повидимому, строго различал вероисповедные формы от общей религиозной философии. Когда к нему как к президенту Королевского Общества обратилось «Общество развития христианского знания» с просьбой предоставить помещение, он ответил: «Основное правило нашего Общества — не вмешиваться в религию; поэтому ясно, что мы не можем давать повод религиозным обществам вмешиваться в наши дела»[43]. Есть и другие свидетельства его свободомыслия и скептицизма. В портсмутской коллекции сохранилась, например, следующая заметка Ньютона о «чудесах»: «Чудеса называются так не потому, что они творятся богом, но потому, что они случаются редко, и поэтому удивительны. Если бы они происходили постоянно по определенным законам природы вещей, то они перестали бы казаться удивительными и чудесными и могли бы рассматриваться в философии как часть явлений природы (несмотря на то, что они суть следствие законов природы, наложенных на природу силою бога), хотя бы причина их и оставалась нам не известной».

На ряду с таким «свободомыслием» Ньютон несомненно рассматривал всю свою научную работу в религиозном аспекте. Оба его основных труда — «Начала» и «Оптика» — имеют религиозные завершения, написанные с необычайным подъемом. В последнем поучении «Начал» Ньютон прямо пишет: «Рассуждение о боге на основании совершающихся явлений, конечно, относится к предмету натуральной философии».

Основной мотив религиозной аргументации Ньютона

в применении по крайней мере к астрономическим явлениям сводится к так называемым «начальным условиям». Принципы механики и закон тяготения позволяют описать движения светил, если даны различные начальные условия: масса светила, начальная скорость и положение, положение орбиты на небесной сфере и т. д. Одних принципов для решения задачи, таким образом, не достаточно, нужны начальные данные, которые при данной постановке задачи могут быть произвольными: «Изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа», говорит по этому поводу Ньютон в «Началах».

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» дает такую характеристику основной черты научной религиозной философии Ньютона: «Но что особенно характеризует рассматриваемый период, так это — выработка своеобразного общего мировоззрения, центром которого является представление об абсолютной неизменности природы. Согласно этому взгляду, природа, каким бы путем она сама ни возникла, раз уже она имеется налицо, оставалась всегда неизменной, пока она сама существует. Планеты и спутники их, однажды приведенные в движение таинственным «первым толчком», продолжали кружиться по предначертанным им эллипсам во веки веков или, во всяком случае, до скончания всех вещей»[44]. «Для своего бога,—по Энгельсу[45],—Ньютон оставил еще «первый толчок», но запретил всякое дальнейшее вмешательство в свою солнечную систему».

Ньютон, противник гипотез, аргументируя «начальными условиями» как чем-то первичным, далее не объяснимым, ввел, конечно, совершенно произвольную гипотезу, не оправдавшуюся дальнейшим ходом науки. Космогонические теории (Канта, Лапласа и др.) если и не решили задачи о начальных условиях, то по крайней мере указали принципиальную возможность решения.

Ревностный протестант Роберт Бойль оставил по завещанию средства, для того, чтобы каждый год прочитывалось восемь лекций в защиту христианства против атеизма. В 1692 г. чтение этих лекций было поручено директору Тринити колледжа Ричарду Бентлею. Бентлей решил построить свои последние две лекции на основании «Начал»



Рис. 30. **Рисунок головы Ньютона, сделанный с натуры Стекелеем в начале XVIII в.**

Ньютона. Просмотрев «Начала» и ряд подсобных математических сочинений, Бентлей обратился непосредственно к Ньютону за разъяснением нескольких недоумений. Четыре письма Ньютона к Бентлею, написанные по этому поводу (1692–1693), содержат очень важный материал как для суждения о взглядах Ньютона на природу тяготения, так и о его религиозных воззрениях; некоторые выдержки из этих писем мы уже приводили выше. Первое письмо начинается таким знаменательным заявлением: «Когда я писал свой труд о системе мира, я направлял свое внимание на такие принципы, которые могут вызвать у мыслящего человека веру в божественное существо, и ничто не доставляет мне такой радости, как видеть себя полезным в этом отношении. Если я, однако, оказал человечеству таким образом некоторую услугу, то обязан этим не чему иному, как трудолюбию и терпеливой мысли» (industry and patient thougth). Далее Ньютон касается весьма важного космологического вопроса о распределении масс во вселенной. Если бы масса была распределена в пространстве равномерно, то, полагает Ньютон, благодаря всемирному тяготению она должна бы стянуться в одну сферическую массу где-нибудь в пространстве. В бесконечном пространстве должны бы образоваться бесчисленные сферы, подобные друг другу. В различии светил Ньютон видит новый довод бытия свободной, творящей воли.

Проблема распределения масс во вселенной оживленно дебатировалась лет двадцать назад, главным образом в связи с теорией относительности. Предположение Ньютона о том, что в бесконечной вселенной при справедливости закона тяготения должны образоваться бесчисленные центры тяготения (светила), может выполняться только при определенном начальном распределении масс. Обобщенный закон тяготения Эйнштейна позволяет найти иные пути решения задачи.

В письмах к Бентлею Ньютон развивает те же воззрения о «начальных условиях», о которых мы уже говорили, и категорически отвергает механическую «первичность» тяготения. Если тяготение механически необъяснимо при помощи давления или ударов, причина его, по мнению Ньютона, может быть только нематериальной. В этом последнем смысле Бентлей и понял утверждение

Ньютона и излагал его в своих проповедях. Аксиоматичность, недоказуемость «принципов» позволяет Ньютону считать их первичными предначертаниями творца: «При помощи этих принципов, повидимому, составлены все материальные предметы из твердых частиц, сочетавшихся различным образом мыслящим агентом при первом творении», пишет Ньютон в «Оптике».

Мы живем в эпоху, когда принципы Ньютона преобразуются, обобщаются; ряд факторов, считавшихся Ньютоном первичными, разлагается на более простые, и нам особенно ясна шаткость моста, перебрасываемого Ньютоном между физикой и религией. История науки достаточно ясно показывает рискованность утверждений всякого рода о принципиальных «Ignorabimus» (не узнаем).

Религиозная аргументация Ньютона была с легкостью усвоена современниками и потомками; «Начала» Ньютона были приняты (но едва ли усвоены) не только ученым миром, но и теологами и религиозно настроенными кругами. Первое английское издание «Начал» в 1729 г. в переводе, сделанном Моттом, украшено гравированным фронтисписом. Рисунок, сделанный самим Моттом, наглядно иллюстрирует ту религиозную схему Ньютона, о которой говорит Энгельс в вышеприведенной цитате. Творец вручает Премудрости циркуль и дает предначертания — «принципы», по которым и вычерчивается план вселенной.

Можно проследить длинную череду философов и ученых, усвоивших и развивших религиозные мысли и взгляды Ньютона в XVIII и XIX вв., поэтому с исторической точки зрения нельзя не считаться с огромным влиянием Ньютона и в этом отношении. Соединение примитивного механического материализма с деизмом стало стандартом для очень многих естествоиспытателей XIX в. Родоначальником такого мировоззрения (хотя и в не столь грубой и примитивной форме) был несомненно Ньютон, и преодоление его — великая победа диалектического материализма, устранившего, в частности, «неизменность природы» и связанный с нею «первый толчок» ньютоновой схемы.





ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ

Последние годы жизни Ньютона. Смерть. Заключение

(1713–1727)

Розенбергер такими словами описывает положение Ньютона как ученого в последние десятилетия его жизни: «Королевское Общество стало его парламентом, в котором едва ли когда смела показаться верноподданная оппозиция его величества, талантливые молодые физики и математики его страны сформировались в генеральный штаб, который давал бои в нужных местах и вел их так искусно, что верховный вождь, защищенный от личных поражений, мог с полным спокойствием взирать на поле брани почти как непричастный и ограничивался только в тайных военных советах указанием своих мыслей и ссылками на опубликованные труды». Эти бои в общем и главном кончались победами. Физика Ньютона постепенно завоевывала Европу, картезианскую Францию и Германию Лейбница.

В России еще писали: «Понеже именно во св. библии написано, что Солнце течет вкруг, а Земля недвижима, того ради св. писанию больше в том верить надлежит, нежели человеческому мнению. Сей же аргумент особливо славный датский математик Тихо Браге хранил, чему и доныне все согласуются, которые св. писанию неохотно прекословят»[46]. Но скоро и здесь советом Лейбница и велением Петра возникла «Санкт-петербурхская де сьянс академия» (1724), и сразу ворвалась с Бернулли, Эйлером и Ломоносовым новая физика Ньютона, и здесь Эйлер объявляет, что «учение Невтоново всех способнее к решению трудностей в движении найупрямейших из всех пла-

неты Луны, хотя сам (Эйлер) притягательную силу, которую последователи Невтоновы всем телам до одного приписывали и к свойствам материи причисляли, как предприятие весьма дерское и опровергает» (Содержание ученых рассуждений Академии Наук за 1746 г.). Ломоносов начинает мечтать, «что может собственных Невтонов... российская земля рождать». Ньютон становится мало-по-малу непререкаемым авторитетом во всем культурном мире; даже заблуждения его и якобы утверждения (вроде первичности тяготения и эмиссионной теории света) находят ярых защитников. Ньютона популяризуют Вольтер и прочие энциклопедисты, маркиз Альгаротти пишет «Ньютоньанизм для дам», где дает изящное популярное изложение «Оптики» (1739). Учение Ньютона стало классическим и правоверным, и только в наше время начинается осторожная борьба с этим классицизмом. Поучительным примером славы и популярности Ньютона и возглавлявшегося им Королевского Общества в начале XVIII в. служит письмо (на французском языке) сподвижника Петра Великого князя А. Д. Меньшикова к Ньютону от 23 августа 1714 г. с просьбой принять его в члены Общества. Сохранилось три черновика ответного письма Ньютона Меньшикову, написанных его рукой на латинском языке. Один из этих черновиков в 1943 г. передан Королевским Обществом в дар Академии Наук СССР (рис. 31) и в настоящее время хранится в Архиве Академии [47]. Приводим перевод этого особо ценного для нас документа:

«Могущественнейшему и достопочтеннейшему владыке господину Александру Меньшикову, Римской и Российской империй князю, властителю Ораниенбурга [48], первому в Советах Царского Величества, Маршалу, Управителю покоренных областей, кавалеру Ордена Слона и Высшего Ордена Черного Орла и пр. Исаак Ньютон шлет привет.

Поскольку Королевскому Обществу известно стало, что Император [49] Ваш, Его Царское Величество с величайшим рвением развивает во владениях своих искусства и науки и что Вы служением Вашим помогаете Ему не только в управлении делами военными и гражданскими, но прежде всего также в распространении хороших книг и наук, постольку все мы исполнились радостью, когда английские

негоцианты дали знать нам, что Ваше Превосходительство по высочайшей просвещенности, особому стремлению к наукам, а также вследствие любви к народу нашему, желали бы присоединиться к нашему Обществу. В то время, по обычаю мы прекратили собираться до окончания лета и осени. По услышав про сказанное, все мы собрались, чтобы избрать Ваше Превосходительство, при этом были мы единогласны. И теперь, пользуясь первым же собранием, мы подтверждаем это избрание дипломом, скрепленным печатью нашей общины. Общество также дало секретарю своему поручение переслать к Вам диплом и известить Вас об избрании. Будьте здоровы.

Дано в Лондоне 25 октября 1714 г.»

Таким образом, А. Д. Меньшиков стал первым русским членом Королевского Общества. Конечно, избрание это было чисто политическим актом, но знаменательным в двух отношениях. Оно выражало высокую оценку великой культурной революции, проводившейся в России на самых вершинах европейской культуры, оно вместе с тем свидетельствует, какое значение имел для новой России научный ореол Ньютона и Королевского Общества.

Глубоким стариком Ньютон не прекращал, однако, личной научной работы, даже экспериментальной. Приводим в связи с этим письмо Ньютона к доктору Лоу от 15 декабря 1716 г.:

«Дорогой доктор! Тот, кто копается в глубоких шахтах знания, должен, как и всякий землекоп, время от времени подниматься на поверхность и подышать чистым воздухом. В одном из таких промежутков я и пишу Вам теперь, друг мой. Вы спрашиваете, как при таких занятиях удается мне поддерживать здоровье. Ах, мой дорогой доктор, Вы гораздо лучшего мнения о Вашем ленивом друге, чем он сам о себе. Морфей мой неотвязный спутник; без 8—9 часов сна Ваш корреспондент никуда не годится. Занятия сначала вредили моему пищеварению, но теперь я ем с аппетитом, как Вы увидите, когда я к Вам приеду. Я много занимался замечательными явлениями, происходящими, когда приводишь в соприкосновение иголку с кусочком янтаря или резины, потертой о шелковую ткань. Искра напомнила мне о молнии в малых, очень малых размерах. Но я не буду заниматься филосо-

фией в письмах, мы вдоволь побеседуем, когда я посещу Сэклея. Я писал письмо в 5 мин. десятого и потратил на письмо 10 мин., а тут стучится милорд Соммерсет».

Если вспомнить, что Ньютон работал также и в области акустики, по крайней мере теоретически, то в итоге следы работы Ньютона найдутся во всех областях физики: в механике, в теплоте, в учении о звуке, свете, электричестве и магнетизме и в области тех явлений, которые теперь объединяют под названием «молекулярной физики».

Последние годы жизни Ньютона были заняты писанием «Хронологии» и подготовкой третьего издания «Начал». Второе издание было выпущено малым тиражом и скоро разошлось; у Ньютона накопилось не мало исправлений и замечаний по второму изданию. Повидимому, он пробовал снова заняться теорией движения Луны и комет; по крайней мере он запрашивал у нового директора Гриничской обсерватории Галлея в декабре 1724 г. (в возрасте 82 лет) дополнительные сведения о комете 1680 г., предполагая воспользоваться ими в третьем издании «Начал».

Для помощи в переиздании «Начал» Ньютону был рекомендован молодой медик Пембертон, который, несмотря на отсутствие специального физико-математического образования, прочел «Начала» и понял их. Снова, как и с Котсом, у Ньютона началась длинная переписка с Пембертоном. Письма Пембертона сохранились, ответы же Ньютона потеряны. В третьем издании не было столь многочисленных и важных изменений, как во втором, и работа по переизданию проходила легче и проще. Ньютон выпустил в новом издании параграф, в котором он ранее признавал, что Лейбниц открыл анализ бесконечно малых независимо от него. Эта несправедливость останется вечным следом злополучного бессмысленного спора двух гениев.

Печатание книги началось в конце 1723 г. и кончилось в марте 1726 г.

Научному триумфу Ньютона в последние десятилетия его жизни соответствовало до известной степени и внешнее благополучие: почести двора, уважение учеников, заботливый семейный уход дома. Племянница его продолжала жить с ним и не расставалась и после того, как второй раз вышла замуж за Кондуитта. Старость была спокойной,

без резких потрясений и осложнений. Только на восьмидесятом году жизни у Ньютона произошло серьезное расстройство мочевого пузыря, сопровождавшееся образованием камней. Несмотря на высокий пост, занимаемый Ньютоном, он до последних дней сохранил скромность и простоту и в отношениях с людьми и в костюме. По свидетельству многих современников, в наружности Ньютона не было ничего исключительного, привлекающего к себе внимание. Ньютон был ниже среднего роста, коренастый, с живым острым взглядом. Довольно большое число сохранившихся масляных портретов Ньютона дает впечатление, согласное с приведенным отзывом. Здоровье Ньютона в общем было прекрасным; до конца жизни он потерял только один зуб и сохранил густые красивые волосы, в старости безукоризненной белизны, по свидетельству Кондуитта. Волосы он завязывал иногда лентой, как видно из рисунка Стекелея. Ньютон был плохим собеседником, постоянно погруженным в размышления. В связи с этим сохранилось не мало рассказов об его исключительной рассеянности. Бережливый и экономный, Ньютон тем не менее всегда охотно помогал друзьям и родственникам. После его смерти осталось большое денежное наследство—около 32 000 фунтов.

Здоровье Ньютона заметно ухудшилось в 1725 г. В этом году Лондон посетил воспитатель Людовика XV аббат Аляри, и Ньютон еще председательствовал на торжественном заседании Королевского Общества, собранном по этому случаю. Об этом посещении Аляри сохранился такой рассказ в «Исторических письмах» Болингброка: «Когда аббат Аляри в 9 часов утра посетил Ньютона, последний начал разговор с того, что ему уже 83 года. Аббат был знатоком в чтении латинских и греческих авторов и понравился старому ученому; Ньютон оставил аббата обедать. Ньютон был скупым, обед ужасным, напитки, которыми он угощал гостя, были плохая мадера и пальма. После обеда Ньютон повел гостя в Королевское Общество и посадил его по правую сторону от себя. Сразу после начала заседания Ньютон заснул. Аббату пришлось вернуться в дом Ньютона и пробыть там до 9 часов вечера».

С 1725 г. Ньютон фактически прекратил службу на Монетном дворе, передав исполнение своих обязанностей

мужу племянницы Кондуитту. Родственники, по климатическим соображениям, отправили Ньютона в Кенсингтон (тогда окрестности Лондона). Здоровье его здесь значительно поправилось, и он часто наезжал в Лондон. 28 февраля 1727 г. он прибыл в Лондон для председательствования на заседании Королевского Общества. Вернувшись в Кенсингтон 4 марта, он почувствовал острые приступы каменной болезни. В течение нескольких дней была еще надежда на выздоровление; 18 марта Ньютон еще читал газеты и беседовал с доктором и Кондуиттом. Но вечером того же дня он впал в бессознательное состояние и в ночь с 20 на 21 марта тихо скончался в возрасте 84 лет. Тело Ньютона было перевезено из Кенсингтона в Лондон и с торжественным церемониалом похоронено в Вестминстерском аббатстве. Через четыре года родственники Ньютона воздвигли над могилой памятник с его фигурой, всевозможными эмблемами и символами.

Эпитафия на памятнике гласит следующее:

«Здесь покоится сэр Исаак Ньютон, дворянин, который почти божественным разумом первый доказал с факелом математики движение планет, пути комет и приливы океанов.

Он исследовал различие световых лучей и появляющиеся при этом различные свойства цветов, чего ранее никто не подозревал. Прилежный, мудрый и верный истолкователь природы, древности и св. писания, он утверждал своей философией величие всемогущего бога, а нравом выражал евангельскую простоту. Пусть смертные радуются, что существовало такое украшение рода человеческого. Родился 25 декабря 1642, скончался 20 марта 1727 г.».

На статуе, воздвигнутой Ньютону в 1755 г. в коллегии Троицы в Кэмбридже, помещена лаконическая надпись из Лукреция: Qui genus humanum ingenio superavit (Разумом он превосходил род человеческий).

Можно было бы привести очень длинный перечень отзывов о Ньютоне, в которых люди исчерпали все самые высокие эпитеты для характеристики его исключительности и величия: гениальный, божественный, великий, сверхчеловек и т. д. Особенно известно двустишие английского поэта Александра Попа [50]:

Природы строй, ее закон в отвечной тьме таился,
И бог сказал: «Явись, Ньютон!» И всюду свет разлился.

Principi Potentissimo et maxime colendo Dno Alexandro Menzicoff
Romani et Russi Imperij Principi, Domino de Oranienburgh
Czaranae Majestati Primo a Concilijs, Equitum Stratego,
Devictarum Provinciarum Dynastae, Ordinis Elephantis nec non
Albae Nigraeque Aquilae Equiti
Isaacus Newton salutem

Cum Societati Regiae dudum innotuerit Imperatorem vestrum,
Czarensem Majestatem, Artes et Scientias in Regnis suis
quam maxime promovere, eumque ministerio vestro, non solum in
rebus bellicis et civilibus administrandis, sed etiam in bonis literis
et scientijs propagandis, apprime adjuvari: maximo omnes suffusi
fuimus gaudio quando Mercatores Angli nobis significarent
Excellentiam vestram, pro humanitate summa, et singulari suo in
scientias affectu, et erga gentem nostram amore, in corpus
Societatis nostrae cooptari se dignari. Atque eo quidem tempore coetibus
nostris finem, pro more, donec tempestas aestiva et autumnalis
praeteriret, imposituri eramus. Sed hoc audito, semel amplius
convenimus ut Excellentiam vestram suffragijs nostris eligeremus;
id quod fecimus unanimi consensu. Et jam, ut primum coetus
nostros prorogatos renovare licuit, electionem Diplomate
sub Sigillo nostro communi ratam fecimus. Societas autem
Secretario suo in mandatis dedit, ut transmisso ad vos Diplomate,
Electionem vobis notam faceret. Vale

Datum Londini
XXV Octob. MDCCXIV.

Рис. 31. Черновик послания Ньютона к князю А. Д. Меньшикову (ср. стр. 212), хранится в Архиве Академии Наук СССР.



Рис. 32. Гравюра-фронтиспис из книги Вольтера «Элементы философии Ньютона», 1738 г.

Издатель «Элементов философии Ньютона» Вольтера в 1738 г. украсил книгу гравюрой, на которой Ньютон в виде божества с циркулем в руках восседает на облаках, опираясь на небесную сферу (рис. 32).

Непосредственнее других свой восторг выразил математик Л'Опиталь, который удивляется тому, что автор «Начал» может есть, пить, спать, как прочие люди. По отношению к Ньютону эти пышные эпитеты звучат, однако, вовсе не риторически, в них есть подлинная искренность. Несовершенными средствами человеческой речи нам хочется выразить кратко значение дела Ньютона в истории человеческой мысли, а также исключительность, аномальность самой личности Ньютона.

Произведем на минуту такой мысленный опыт: вообразим, что имя Ньютона вычеркнуто из истории науки, его не существовало. Что бы случилось? Нет оснований сомневаться, что соединенными усилиями Гуков, Галлеев, Лейбницев и их потомков человечество так или иначе получило бы в руки результаты, содержащиеся в «Началах», «Оптике» и математических работах Ньютона. Но, с другой стороны, бесспорно, что это произошло бы много позже. Когда? Вопрос, не имеющий ответа. Во всяком случае ни Гук, ни Лейбниц, ни Гюйгенс не создали эквивалентов «Началам» и «Оптике» и едва ли могли их создать. Самая идея тяготения, как математическая фикция, формально сопряженная с любой материальной точкой, отпугивала многих уже после появления «Начал», казалась недопустимой Лейбницу, Гюйгенсу, впоследствии Эйлеру и Ломоносову. Можно думать, что подобно Гуку и Гюйгенсу, физики надолго завязли бы в гипотезах о «причине тяготения», прежде чем прийти к формальному закону Ньютона.

Ньютону принадлежит могучий «метод принципов», позволивший временно обходить неразрешенные загадки. Формулировать принципы значило надолго направить человеческую мысль по определенным рельсам; принципы могли бы принять иную форму, можно было бы, как показал Герц, например, обойтись без понятия силы; в этом смысле Ньютон заставил физику мыслить по-своему, «классически», как мы выражаемся теперь. На языке Ньютона мы думали и говорили, и только теперь делаются попытки изобрести новый язык. Вот почему можно утверждать,

что на всей физике лежал индивидуальный отпечаток его мысли; без Ньютона наука развивалась бы иначе.

Лагранж, который часто называл Ньютона величайшим гением, когда-либо существовавшим, тотчас прибавлял: «он самый счастливый, систему мира можно установить только один раз». В истории науки есть много имен «счастливцев», случайно открывших фундаментальные факты; открытие действия тока на магнитную стрелку Эрстедом в 1820 г., опубликованное в мемуаре, занимавшем две маленькие страницы, создало эпоху и в науке и в технике. Случайное открытие радиоактивности Беккерелем создало физику атомного ядра. Ньютон не был таким счастливцем, своей удачей он обязан, по его собственным словам, «трудолюбию и терпеливой мысли». Эта мысль была новой и гениальной, но также исключительно напряженной и упорной. В характеристику гения Ньютона, кроме качества, входит и количественная сторона.

Ньютон был физиком и физиком главным образом. Астрономические области были его гигантской лабораторией, математические методы — гениальным инструментом. Ньютон не увлекался чисто астрономической и чисто математической стороной работы, оставаясь физиком по преимуществу. В этом необычайная выдержка и бережливость мысли Ньютона. До Ньютона и после него, до нашего времени, человечество не видело проявления научного гения большей силы и длительности. Но несомненно были и будут творения, эквивалентные по значению «Началам» (теория электромагнитного поля, теория атомов и электронов, теория относительности, квантовая механика и т. д.). Ньютон первый сознавал это. Спенс передает такие слова Ньютона, сказанные незадолго перед смертью: «Не знаю, чем я могу казаться миру, но сам себе я кажусь только мальчиком, играющим на морском берегу, развлекающимся тем, что от поры до времени отыскиваю камешек более цветистый, чем обыкновенно, или красную раковину, в то время как великий океан истины расстилается передо мной неисследованным».





ПРИМЕЧАНИЯ

[1] В России фамилия Ньютона произносилась и писалась в разные времена различным образом: в XVIII в.—«Невтон» и «Нейтон», в начале XIX в. делались попытки ввести написание «Нютон», установившаяся форма «Ньютон» ближе всего подходит к английскому произношению.

[2] Полигистор — знаток во всех науках.

[3] Географические пункты, имевшие значение в жизни Ньютона.

[4] Библейское имя Ньютона и его отца — также несомненный отзвук напряженных религиозных настроений той эпохи.

[5] E. N. d a C. A n d r a d e. Nature 135, 360, 1935.

[6] E. N. d a C. A n d r a d e. Newton's verses. Proc. of the Phys. Society of London 55, 426, 1943.

[7] Lectiones Opticae et Geometriae. Auctore Isaaco Barrow. Londini, 1674. (Разрешение на печатание «Imprimatur» дано, однако, уже в марте 1668 г.).

[8] Quoniam colorum incedit mentio, quid si de illis (et si praeter morem ac ordinem) paucula divinavero? l. c., стр. 85.

[9] На рис. 8 воспроизведен рекламный плакат лондонского оптика Yarwell, относящийся, вероятно, к 1672 г. и наглядно показывающий, что можно было в молодые годы Ньютона купить по оптике в Лондоне. На плакате изображены очки, лупы, микроскопы, телескопы и призмы. Все это имелось у Ньютона.

[10] Этот вывод новых биографов Ньютона в корне расходится с утверждениями Брюстера и других исследователей, говоривших о большой материальной нужде Ньютона в то время.

[11] Даниил В е л л а н с к и й. Опытная, наблюдательная и умозрительная физика. Санкт-Петербург, 1831, стр. 122.

[12] В настоящее время «сферической аберрацией» называют более узкий класс ошибок.

[13] Телескоп Гершеля отличается по своему устройству от схем Ньютона и аналогичных схем Грегори и Кассегрена тем, что ось отражающего зеркала несколько наклонена к оси прибора, благодаря чему увеличивается работающая часть зеркала. Однако впервые такая схема отражательного телескопа была описана и осуществлена не Гершелем, а М. В. Ломоносовым около 1762 г. Подобно Ньютону, Ломоносов собственными руками с помощью

мастеров Колотошина, Кирюшки, Игната, Гришки, кузнеца Андрея приготовлял сплав для зеркала, точил и полировал его и строил весь инструмент. До нашего времени прибор не сохранился.

[14] Русский перевод «Лекций по оптике» сделан автором этой книги. «Лекции» печатаются отдельной книгой в серии «Классиков науки» научно-популярной серии Академии Наук.

[15] Т. е. лекция И. Барроу.

[16] Этот вывод Ньютона ошибочен, если только речь идет действительно о той древесной вытяжке, при наблюдении которой испанский врач Николо Монардес в XVI в. открыл явление флуоресценции. В проходящем свете вытяжка нефритового дерева кажется бледножелтой, если же смотреть на сосуд с вытяжкой, пронизываемой светом, сбоку, то ясно виден красивый рассеянный синий цвет. Наблюдения Монардеса успешно повторялись Гримальди, Бойлем и др. Флуоресценция — весьма сложное явление вторичного происхождения. При поглощении света вещество может приходить в особое состояние, сопровождающееся свечением. Это свечение и есть флуоресценция. Свет ее всегда сдвинут в красную сторону спектра по отношению к поглощающему свету. Неправильность заключения Ньютона объясняется, повидимому, тем, что он освещал раствор светом, не поглощавшимся или только слабо поглощавшимся в растворе и не вызывавшим флуоресценции. Систематическое изучение флуоресценции началось только в половине XIX в. в работах Стокса.

[17] В светофильтре Е. М. Брумберга промежуток между призмами, вместо воздуха, заполняется жидкостью с подходящей дисперсией.

[18] Bernhardi Varenii Geographia generalis... aucta et illustrata ab Isaaco Newton Math. Prof. Lucasiano apud Cantabrigenses. Cantabrigiae, 1672.

[19] Перед нами первый вариант ньютоновой теории тяготения.

[20] Н. И. Лобачевский. Полное затмение Солнца в Пензе 26 июня 1842 г. Уч. зап. Казанского ун-та, 1842, 3, стр. 74.

[21] J. B. Biot. Journal des Savants. 1836.

[22] А. Н. Крылов. Ньютонова теория астрономической рефракции. Ленинград, 1935.

[23] Не ясно, кого разумел Ньютон под этими «другими». Может быть, Гука и Гримальди?

[24] Имеется в виду прилипание ртути, которое позднее сам Ньютон объяснял молекулярным сцеплением.

[25] Ольденбург разумел, вероятно, новые культурные веяния на Руси в предпетровскую эпоху; сведения об этом проникали от англичан и немцев, бывавших в России.

[26] Это — латинизированная фамилия. Французская фамилия Буйо (Bouilleaud). Буйо — французский астроном (1605—1694).

[27] Т. е. Гэмфри думал, что Ньютон занимался магией и алхимией.

[28] Имеется прекрасный русский перевод «Начал», выполненный акад. А. Н. Крыловым (Изв. Николаевской морской академии, 1916). Большинство цитат приводится по этому переводу.

[29] На рис. 24 приведена страница первого издания «Начал» с законами Ньютона. Под знаком этих законов прошло все развитие физики по крайней мере до XX в.

[30] F. Zwicky. Newton's law of gravitation. Astr. Society of the Pacific. Leaflet N 163 September 1942.

[31] Sotheby and Co. Catalogue of the Newton papers sold by order of the viscount Lymington to whom they have descended from Catherine Conduitt, viscountess Lymington, Great-niece of Sir Isaak Newton. 114 стр. London 1936.

[32] Douglas McKie. Some notes on Newton's chemical phylosophy. Phil. Mag. 33, 847, 1942.

[33] Второе предположение состоит в том, что «эфир проникает все тела таким способом, что он реже в порах, чем в собственном пространстве, и тем реже, чем меньше эти поры».

[34] Биографы и исследователи Ньютона почему-то не обращали внимания на это основное место в химических работах Ньютона. Поэтому приводим его и в оригинале: «Aurum particulas habet se mutuo trahentes; harum summae vocentur primae compositionis; harum summarum summae, secundae etc. Potest Mercurius, potest Aqua Regis poros pervadere, qui particulas ultimae compositionis interjacent, at non alios. Si posset menstrum alios illos pervadere vel si auri partes primae et secundae compositionis possent separari, fieret aurum fluidum et malleabile. Si aurum fermentescere posset, in aliud quodvis corpus posset transformari». I. Newton Opera, t. IV. Londini 1782, стр. 399 и 400.

[35] Письмо написано по латыни; на латинском языке формы «вы» нет.

[36] На русском языке в 1937 г. Д. Д. Мордухай-Болтовским изданы в одном томе следующие математические сочинения Ньютона: 1) Метод флюксий и бесконечных рядов с приложением его к геометрии кривых; 2) Рассуждение о квадратуре кривых; 3) Перечисление кривых третьего порядка; 4) Метод разностей. Перевод снабжен обширным комментарием.

[37] Цитировано по книге М. М. Богословского, Петр I, т. II, 1941, стр. 371.

[38] Приводимые ниже сведения взяты из указанной выше книги М. М. Богословского.

[39] Позднее, в 1710 г., Ньютон переселился в другое место города, на улицу Св. Мартина, около Лейчестер Сквэра. Дом, где жил Ньютон, сохранялся до 1915 г.

[40] Эта заметка почти полностью переведена в русском издании «Начал» акад. А. Н. Крыловым.

[41] Предисловие Котса переведено акад. А. Н. Крыловым в его русском издании «Начал».

[42] В наше время не менее радикальная, но столь же неудачная, как и у Ньютона, попытка пересмотра хронологии была сделана Н. А. Морозовым в его обширном сочинении «Христос».

[43] Письмо Ньютона опубликовано в «Nature» в 1923 г.

[44] Ф. Энгельс. Диалектика природы, стр. 8, 1941.

[45]. Ф. Энгельс. Диалектика природы, стр. 60.

[46] Земноводного круга краткое описание, чрез Ягана Гибнера собранное. СПб, 1719 (В. В. Бобынин. Русская физико-математическая библиография, Москва, 1885, стр. 67).

[47] Вместе с автографом Ньютона Королевское Общество передало Академии Наук в дар экземпляр первого издания «Начал» в парадном сафьяновом современном переплете.

[48] Очевидно описка: вместо Ораниенбаума.

[49] Императорский титул Петру I Ньютон приписывает преждевременно. В действительности только в 1721 г. сенат и синод в ознаменование славного Ништадтского мира просили Петра принять титул императора, отца отечества и Великого. Этот акт вызвал, однако, сначала протест со стороны многих иностранных государств.

[50] Приводим знаменитое двустишие Попа (1688–1744) в оригинале:

Nature and nature's laws lag hid in night.
God sad: «Let Newton be!» And all was light.

Приведенный в тексте русский перевод сообщен мне покойным проф. А. И. Бачинским и, по его словам, принадлежит академику геологу А. П. Павлову. В своем письме по этому поводу А. И. Бачинский напоминает, что Ломоносов перефразировал двустишие Попа следующим образом:

Россия тьмой была покрыта много лет.
Бог рек: «Да будет Петр!» И бысть в России свет.





КРАТКИЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

I. Издания трудов и переписки Ньютона

1. Латинское издание в трех томах. Лозанна и Женева, 1744. Isaaci Newtoni equitis aurati Opuscula mathematica, philosophica et philologica. Collegit partimque latine vertit ac resensuit Joh. Castillioneus Jurisconsultus. Lausannae et Genevae, 1744.

2. Наиболее полное пятитомное издание на языке оригинала (т. е. английском и латинском). Лондон, 1779—1785. Isaaci Newtoni Opera quae existant omnià. Commentàriis illustravit Samuel Horsley. Londini (1779—1785), 5 vol.

Других изданий достаточно полного собрания трудов Ньютона до сих пор не было. Перед началом войны в 1939 г. были сведения о подготовке в Англии первого полного и критического издания трудов Ньютона.

Переписка Ньютона до сего времени не собрана. Много опубликованных писем разбросано по разнообразным журналам (в особенности «Nature» и «Isis») и книгам. Отдельное издание избранной переписки следующее:

3. J. Edleston. Correspondence of Sir Isaac Newton and professor Cotes, including letters of other eminent men, now first published from the originals in the Library of Trinity College, Cambridge; together with an Appendix containing other unpublished letters and papers of Newton, with notes, synoptical view of the philosopher's life and a variety of details illustrative of his history. London and Cambridge, 1850.

В книге, как указано, содержится хронологическая канва жизни Ньютона.

II. Русские издания трудов Ньютона

4. И. Ньютон. Математические начала естественной философии. Перевод акад. А. Н. Крылова. Изв. Николаевской морской академии, 1916; Собрание трудов акад. А. Н. Крылова, т. VII, Ленинград, 1936.

5. Сэр Исаак Ньютон. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. Перевод с 3-го англ. изд. С. И. Вавилова. Москва, 1927.

6. Исаак Ньютон. Лекции по Оптике. Перевод с латинского С. И. Вавилова. Печатается.

7. Исаак Ньютон. Математические работы. Перевод с латинского, вводная статья и комментарии Д. Д. Мордухай-Болтовского. Москва — Ленинград, 1937.

8. Сэр Исаак Ньютон. Замечания на книгу «Пророк Даниил и Апокалипсис св. Иоанна». СПб., 1916 (имя переводчика не указано).

III. *Иностранные биографии Ньютона*

9. Sir David Brewster. Memoirs of the life, writings and discoveries of Sir Isaac Newton. Edinburgh, т. 2, 2-е изд., 1860.

Наиболее подробное изложение жизни Ньютона. В книге опубликовано большое количество документов.

10. Sir David Brewster. Life of Sir Isaac Newton. London, 1875.

Сокращение предыдущего сочинения.

11. J. B. Biot. Mélanges scientifiques et littéraires. Paris, 1858.

Содержит биографию Ньютона и несколько статей о Ньютоне.

12. F. Rosenberger. Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien. Leipzig, 1895.

Наиболее полное изложение научной деятельности Ньютона. Большое количество выдержек из сочинений Ньютона и современников.

13. Augustus de Morgan. Essays on the life and work of Newton. Editet by P. E. Jourdan. Chicago and London, 1914.

Большой библиографический материал по поводу спора Ньютона с Лейбницем. Автор тщательно разыскивает «отрицательные» черты характера Ньютона. Подробно разбираются отношения племянницы Ньютона к Монтэгю.

14. L. T. More. Isaac Newton. A biography. 1934, 675 стр.

Наиболее полное и современное изложение деятельности Ньютона, приведено много документов, частично впервые.

15. W. Stukeley. Memoirs of Sir Isaac Newton's Life. Edited by A. Hastings White. 1936.

Основной первоисточник, особенно в отношении детских лет Ньютона.

16. J. W. N. Sullivan. Isaac Newton (1642—1727). 1938.

Краткая биография, в документальной части опирающаяся на книгу More'а. Автор пытается провести сомнительную точку зрения о том, что Ньютон очень неохотно, «против самого себя», занимался точными науками.

17. R. de Villamil. Newton: the Man.

Год не указан, книга вышла после 1927 г. Содержит инвентарь имущества Ньютона и каталог библиотеки.

18. John Dougall. Sir Isaac Newton. London, 1939.

Более краткая, чем предыдущие, биография. Цитируются некоторые неизвестные ранее документы.

IV. Русские биографии Ньютона

19. Ж. Б. Био. Биография Ньютона. Перевод В. Асонова с примечаниями переводчика. 1871. (Отдельное издание, а также совместно с биографией Г. Галилея.)

20. П. Ремюза. Ньютон, его жизнь, сочинения и деятельность.

Перевод из журнала «Revue de deux Mondes»; «Отечественные записки», 1856.

21. Н. Н. Маракуев. Ньютон, его жизнь и труды (имелось 4 издания). Изд. 4-е. Москва, 1908.

22. М. М. Филиппов. Ньютон, его жизнь и научная деятельность. СПб., 1892 (Биографическая библиотека Ф. Павленкова).

23. С. И. Вавилов. Исаак Ньютон. 1943. Первое издание настоящей книги.

24. П. С. Кудрявцев. Исаак Ньютон. Москва. 1943. Гос. Учебно-Педагогическое издательство Наркомпроса РСФСР.

Краткая биография с довольно подробным изложением «Оптики» и «Начал».

V. Философия И. Ньютона

25. L. Bloch. La philosophie de Newton. Paris, 1890.

26. J. Snow. Matter and gravity in Newton's philosophy. London, 1927.

27. P. Burtt. The metaphysics of Sir Isaac Newton. 1930.

28. Ф. Энгельс. Диалектика природы. 1941.

29. H. Metzger. Attraction universelle et réligion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton. Paris, 1938.

30. H. G. Steinmann. Ueber den Einfluss Newton's auf die Erkenntnisstheorie seiner Zeit. 1913.

VI. Отдельные книги и статьи о Ньютоне

31. G. J. Gray. A bibliography of the works of Sir Isaac Newton together with a list of books illustrating his works (Second edition, Cambridge, 1907.)

Единственно полная библиография ньютонианы по 1907 г.

32. Двухсотлетие памяти Ньютона (1687—1887). Речи, читанные в соединенном заседании Импер. общ. любит. естествозн. и Московского математ. общества 20 декабря 1887 г. проф. Н. Е. Жуковским, проф. А. Г. Столетовым, проф. В. К. Церасским и проф. В. Я. Цингером. Москва, 1888.

33. З. Цейтлин. Наука и гипотеза. 1925.

Разобран вопрос о втором издании «Начал» и о влиянии Котса. В приложении дан перевод хронологической канвы из книги Edleston, а также приведена обстоятельная библиография работ о Ньютоне на русском языке.

34. David Gregory. I. Newton and their Circle. Extracts from D. Gregory's memoranda. 1677—1708. Ed. by Hiscock. 1937.

35. Isaac Newton (1642—1727). A memorial volume edited for the Mathematical Association by W. J. Greenstreet. London, 1927.

Сборник, содержащий много документальных новых данных.

36. Sir Isaac Newton (1727—1927) published by the History of Science Society. Baltimore. 1928. Большой американский сборник статей в связи с юбилеем Ньютона.

37. «Успехи физических наук», март 1927 г. Специальный номер журнала со статьями, посвященными Ньютону, и с переводами двух его оптических мемуаров.

38. Ньютон (1727—1927). Сборник Академии Наук СССР. Ленинград. 1927. Со статьями А. А. Белопольского, А. Н. Крылова, П. П. Лазарева и А. А. Иванова.

39. Академик А. Н. Крылов. Ньютон и его значение в мировой науке (1643—1943). Москва. 1943.

40. Исаак Ньютон (1643—1727). Сборник статей к трехсотлетию со дня рождения. Под редакцией С. И. Вавилова. Москва. 1943. Большой сборник (440 стр.) со статьями А. Н. Крылова, С. И. Вавилова, Н. Н. Лузина, С. Я. Лурье (2 статьи), Н. Г. Чеботарева, Г. Г. Слюсарева, И. А. Хвостикова, Н. И. Идельсона, Л. Н. Сретенского, А. Д. Дубяго, М. В. Кирпичева, Т. П. Кравца, Т. И. Райнова, А. М. Деборина, А. Д. Люблинской, Е. Г. Скржинской, П. М. Дульского. Сборник дает почти всестороннее освещение научной деятельности Ньютона.

41. Исаак Ньютон (1643—1943). Казань. 1943. Издание Казанского Авиационного Института. Небольшая книга с юбилейными докладами М. М. Кусакова, П. М. Дульского, Б. М. Столбова, Л. Ф. Ракушева.

42. Л. И. Мандельштам. Оптические работы Ньютона. Изв. Акад. Наук СССР, Серия Физическая. IX, 1945, 1—2, стр. 99. Доклад, прочитанный на Общем собрании академиков в доме отдыха «Боровое» 16 января 1943 г.





СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ





ОГЛАВЛЕНИЕ



*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета АН СССР
за № 2371*

*Переплет
и художественное оформление книги
художника Н. А. Седельникова*

Подписано к печати 10/VII 1945 г. А 19909
Печ. л. 14,5+1,5 л. вклеек Уч.-изд. л. 15
Тираж 10 000 Зак. 119

6-я типография треста „Полиграфкнига"
ОГИЗа при СНК РСФСР.
Москва, 1-й Самотечный пер., 17.